



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
И ОБРАЗОВАНИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Сборник докладов Первой Национальной конференции

(г. Москва, 30 сентября 2020 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

ISBN 978-5-7264-2822-2

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2020

УДК 69+378
ББК 38+74.4
А43

А43 **Актуальные проблемы строительной отрасли и образования** [Электронный ресурс]: сборник докладов Первой Национальной конференции (г. Москва, 30 сентября 2020 г.) ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, управление научной политики. — Электрон. дан. и прогр. (26 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа : <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-2822-2

Настоящий сборник содержит тезисы докладов участников Первой национальной заочной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования», рекомендованные Программным комитетом к публикации. На конференции были представлены доклады преподавателей, специалистов, руководителей исследовательских центров, научных школ, научных руководителей магистрантов, аспирантов и докторантов.

Для аспирантов, докторантов, преподавателей, руководителей исследовательских центров, научных школ.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Подбор материала и ответственные за выпуск:
А.В. Дорошенко, И.П. Молчанова, В.С. Евстратов

Управление научной политики
Тел. 7 (495) 287-49-14, вн. 2393; 2673
E-mail: grant@mgsu.ru, MolchanovaIP@mgsu.ru, EvstratovVS@mgsu.ru
Сайт: <http://mgsu.ru/>
http://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка *В.С. Евстратова*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 25.12.2020. Объем данных 26 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-4914, вн. 1423, (499) 183-9190, (499) 183-9795.
E-mail: rio@mgsu.ru, ric@mgsu.ru

Организатор: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ).

Дата проведения: 30 сентября 2020 года.

Место проведения: Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ.

Тематика конференции:

- Теория сооружений. Строительные конструкции и основания.
- Строительные материалы и технологии.
- Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве.
- Градостроительство. Архитектура. Экологическая безопасность строительства.
- Механика грунтов. Основания, фундаменты и подземные сооружения.
- Гидротехническое и энергетическое строительство.
- Безопасность зданий и сооружений.
- Инженерные системы жизнеобеспечения населённых мест и объектов промышленного и гражданского строительства. Вопросы технической эксплуатации зданий.
- Цифровые технологии в строительстве.
- Гуманитаризация научно-технологического развития строительной отрасли.
- Экономика, управление, комплексные коммуникации в сфере строительства и недвижимости. Информационные системы в строительстве.

Научный комитет:

- П.А. Акимов – врио ректора, председатель научного комитета;
- А.Р. Туснин – проректор;
- Т.Б. Кайтуков – проректор;
- А.З. Тер-Мартirosян – и.о. директора ИСА;
- Д.В. Спицов – и.о. директора ИИЭСМ;
- Н.А. Анискин – директор ИГЭС;
- А.К. Орлов – и.о. директора ИЭУИС;
- О.А. Ковальчук – директор ИФО;
- Н.В. Федорова – директор филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи.

Рабочая группа:

- А.В. Дорошенко – начальник УНП, руководитель Рабочей группы;
- О.А. Куракова – начальник УМУ;
- В.В. Филатов – ответственный за научную работу ИСА;
- Н.А. Макиша – ответственный за научную работу ИИЭСМ;
- С.А. Сергеев – ответственный за научную работу ИГЭС;
- В.С. Канхва – ответственный за научную работу ИЭУИС;
- А.Г. Соколова – ответственный за научную работу ИФО;
- А.В. Алексанин – ответственный за научную работу филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи;
- Т.И. Квитка – начальник сектора ОНИРС УНП;
- В.С. Евстратов – ведущий инженер УНП;
- И.П. Молчанова – инженер УНП.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ТЕОРИЯ СООРУЖЕНИЙ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВАНИЯ

Р.Г. АЛЕКПЕРОВ, Е.М. ХОМЧУК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КЛЕЕВЫХ ФАСАДНЫХ ПАНЕЛЕЙ _____	24
В.И. АНДРЕЕВ, Л.С. ПОЛЯКОВА О ЗАВИСИМОСТЯХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ _____	31
А.А. ВАСИЛЬКИН, А.Т.СИН ВЫБОР ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СТОЯНКИ _____	35
И.И. ГНЕУШЕВ, А.Н. ТОПИЛИН, КЕО УН ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОСТНАПРЯЖЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ _____	41
И.А. ГОРБУНОВ, В.А. КАКУША ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ, ПРИ ДЕЙСТВИИ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА _____	46
И.В. ДУНИЧКИН ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПЫЛЕ-ВЕТРОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ _____	51
А.В. ЗАХАРОВ, И.П. САЛТЫКОВ АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОДНОСЛОЙНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ _____	55
А.М. ИБРАГИМОВ, Е.А. ЗИНОВЬЕВА СБОРНЫЕ ДВУТАВРОВЫЕ СТАЛЬНЫЕ БАЛКИ С ПОЯСАМИ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ И СТЕНКОЙ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОГО ЛИСТА _____	63
А.Д. ИСТОМИН ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДАВЛИВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ КОЛОННАМИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ _____	69
О.В. КАБАНЦЕВ, Е.Г. СЕРГЕЕВ РАСЧЕТНЫЙ ПРОГНОЗ НДС МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ С УЧЕТОМ РЕЖИМА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ _____	75

О.А. КОВАЛЬЧУК	
ВАРИАНТ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТЕРЖНЯ ДЛЯ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	85
А.В. КОРГИН, В.А. РОМАНЕЦ, Л.З. ЗЕЙД КИЛАНИ, В.А. ЕРМАКОВ	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРТОТРОПНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛИТ ДОРОЖНОГО НАСТИЛА	88
Ю.С. КУНИН, А.А. СИНЕЕВ	
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	95
А.Н. ЛЕОНТЬЕВ, Т.Н. ГОРБУНОВА, К.В. БАЛАНДИНА	
СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ ПЛИТ СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ	103
В.И. ЛИНЬКОВ, А.Д. ШТАНСКИЙ	
КЛЕЕВАЯ МОДИФИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА НАКЛОННЫХ ВВИНЧЕННЫХ СТЕРЖНЯХ	108
В.А. ЛЮБЛИНСКИЙ, А. КЕНАН, А. ХАИРИЕ	
НЕЛИНЕЙНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ СВЯЗЕЙ СДВИГА В НЕСУЩИХ СИСТЕМАХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ	113
Л.С. ЛЯХОВИЧ, П.А. АКИМОВ, Б.А. ТУХФАТУЛЛИН, М.Л. МОЗГАЛЕВА, Т.Б. КАЙТУКОВ	
О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПО УСИЛЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	118
А.Н. МАЛАХОВА, Д.А. МАРИНИНА	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЫКА НА ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЯХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ	123
М.Л. МОЗГАЛЕВА, М.Ю. НОСЫРИНА	
ДИСКРЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КОЛЕБАНИЯХ БАЛКИ ПРИ УДАРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В-СПЛАЙНОВ	128
Т.А. НАЗАРОВ, А.Д. ИСТОМИН	
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДВУХ ПРОЛЕТНЫХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК ПРИ СОВМЕСТНОМ СИЛОВОМ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРУЖЕНИЯХ	133
В.Н. ОРЛОВ, М.В. ГАСАНОВ	
ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛАСТИЧНЫХ БАЛКАХ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ	139

В.И. ПРОКОПЬЕВ, А.Ю. ПРОСКУРИН	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ОРТОГОНАЛЬНОЙ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ЛОПАСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	143
В.И. РИМШИН, Е.С. КЕЦКО, П.С. ТРУНТОВ, И.С. КУЗИНА, Г.С. БЫКОВ	
ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ	148
В.Н. СИДОРОВ, Е.С. БАДЬИНА, Р.В. РАЗАКОВА	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ДЕМПФИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАСЧЁТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ	156
А.С. СИЛАНТЬЕВ, Е.А. ЛУЧКИН	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРНЫМ ИСПЫТАНИЕМ ВКЛАДА ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ И ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА В КОЛОННЕ В ПРОЧНОСТЬ ПЛИТЫ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ	162
А.Г. ТАМРАЗЯН	
К НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМУ СОСТОЯНИЮ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ ПИЛОНАМИ	170
А.Г. ТАМРАЗЯН	
АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОДАВЛИВАНИЮ ПЛИТ ПИЛОНАМИ	177
А.Р. ТУСНИН, М.В. ПОСТАРНАК	
НОВЫЕ ТИПЫ МЕМБРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	186
Н.В. ФЕДОРОВА, В.И. КОЛЧУНОВ, Р.А. ЖАРКОВ	
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ОСОБОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	194
В.В. ФИЛАТОВ, Н.К. ДАО	
ИЗГИБ ГИБКИХ ПЛАСТИН ПРИ ДЕЙСТВИИ КУСОЧНО-ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКИ	198
В.В. ФИЛАТОВ, ТХИ ЛИНЬ КУЕН ХОАНГ	
РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК ПО ТЕОРИИ СОСТАВНЫХ СТЕРЖНЕЙ А.Р. РЖАНИЦЫНА	204
Л.Ю. ФРИШТЕР, М.К. ЛУКИН	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭТАЖЕРКУ	210

Ю.Т. ЧЕРНОВ, Е.Е. ПАРАМОНОВ

РАСЧЕТ ТОНКИХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ НА ДЕЙСТВИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ _____ 217

СЕКЦИЯ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

А.Б. БОДЭ, А.А. ЕРМАКОВА

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ _____ 221

Ф.Ф. БРЮХАНЬ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ _ 225

П.В. ГАЙДУКОВ, Е.М. ПУГАЧ

НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПЕРЕКРЫТИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ _____ 229

А.Д. ЖУКОВ, В.М. БЕСФАМИЛЬНАЯ, А.М. МИНАЕВА, Д.А. КОЛЕСОВА

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ И ЕЁ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ _____ 234

А.Д. ЖУКОВ, К.А. ТЕР ЗАКАРЯН, В.И. КРАЩЕНКО

ВСПЕНЕННЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН В СИСТЕМАХ ИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ _____ 239

К.А. ИСРАФИЛОВ, Д.В. ГАЗДАНОВ, И.Я. ХАРЧЕНКО

ИНЪЕКЦИОННЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНОГО КРЕМНЕЗЁМА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛЫВУННЫХ ГРУНТОВ _____ 244

А.В. КОРШУНОВ

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ _____ 251

О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ, Л.Р. САТЛЫКОВА

ДРЕНАЖНЫЕ ПЛИТЫ ИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА _____ 258

Е.В. ТКАЧ, Т.А. МАЦЕЕВИЧ, Т.В. ЖДАНОВА, М. БИЧАЕВ, А.А. АСКАДСКИЙ

ПРЕДСКАЗАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ГАЛЛУАЗИТОВЫХ НАНОТРУБОК С ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ _____ 263

Е.В. ТКАЧ, Ю.С. ШУМИЛИНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ _____ 269

Р.Р. ШАРАПОВ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОМОЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА НА БАЗЕ
ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ _____ 277**

А.Н. ШУВАЛОВ, О.А. КОРНЕВ

**МАЛОЦИКЛОВАЯ УСТАЛОСТЬ ПЛОСКОГО ПРОКАТА ИЗ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ
AL-MG-SI _____ 283**

СЕКЦИЯ 3. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р.Т. АВETИСЯН, А.Т. МИРЗАХАНОВА, Р.Р. КАЗАРЯН

**АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА НАВЕСНЫХ
ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ
ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ _____ 291**

М.Е. ДЕМЕНТЬЕВА, В.А. ВЛАСОВ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ
ТЕРРИТОРИЙ _____ 297**

В.С. ЕВСТРАТОВ, Л.А. ШИЛОВА

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО МОНОЛИТНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА _____ 302**

А.А. ЗЯБЛОВ, А.А. МОРОЗЕНКО, В.И. ТЕЛИЧЕНКО, И.А. ХЕРУВИМОВ

**ЦИФРОВЫЕ ФОРМАТЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА РАЗНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ
УРОВНЯХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА _____ 307**

М.С. КАШИРЦЕВ, Д.В. ТОПЧИЙ

**ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО
ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРИ
ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ. _____ 315**

С.В. КОЛОБОВА

**МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНАЛА РЕГИОНА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О
РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ _____ 319**

О.А. КОРОЛЬ, Е.В. ДЕХТЯРЬ	
МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ	324
Е.А. КОРОЛЬ, Е.В. ДЕХТЯРЬ, Е.А. ТИМОФЕЕВА	
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	328
К.А. ЛЯХОВСКИЙ	
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ	333
О.Н. МЕДВЕДЕВА, С.Д. ПЕРЕВАЛОВ	
МАЛОТОННАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	337
А.А. МОРОЗЕНКО, В.В. БЕЛОВ, И.Е. ВОРОНКОВ, А.С. КАБАНОВ	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ КРУПНОБЛОЧНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	341
Л.А. ПАХОМОВА, П.П. ОЛЕЙНИК	
ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ОБЪЁМНЫХ МОДУЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНОМОДУЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ	349
Д.А. ПОГОДИН, А.И. АБРАМОВА	
МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	353
С.Б. СБОРЩИКОВ, Р.Е. ВВЕДЕНСКИЙ, И.М. МАРКОВА	
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ	357
С.А. СИНЕНКО, А.Ю. СЛАВИНА, Б.В. ЖАДАНОВСКИЙ	
ГИГОНОМИКА В ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	362
М.А. СТЕПАНОВ, Н.Н. ШАХОВ	
ПРИМЕНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ	366
В.О. ЧУЛКОВ, Е.А. ЕВСТИГНЕЕВА	
ПРОБЛЕМА СТРУКТУРИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ВИДОВ РЕОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	370

СЕКЦИЯ 4. ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

И.В. АКСЕНОВА, М.Е. ПОДШИВАЛОВ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ
РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПЕРВОГО ПЕРИОДА ИНДУСТРИАЛЬНОГО
ДОМОСТРОЕНИЯ _____ 380**

Ю.В. АЛЕКСЕЕВ, М.А. ПЕРЕКОПСКАЯ

**ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ _____ 384**

А.С. АЛЬ-КАТРАНИ, Е.В. ЩЕРБИНА, М.А. СЛЕПНЕВ

**ОСОБЕННОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
УЧЕТА ЗЕМЕЛЬ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕДОБЫЧИ РЕСПУБЛИКИ ИРАК _____ 388**

А.В. АНИСИМОВ

**ТЕАТРАЛЬНО-ЗРЕЛИЩНЫЕ ЗДАНИЯ, ПОВРЕЖДЕННЫЕ ВОЙНОЙ. ИХ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ _____ 393**

Л.В. АНИСИМОВА, Ю.В. АНИСИМОВ

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЖИЛИЩА. АНАЛИЗ ПОСЛЕ ЗАСЕЛЕНИЯ _____ 399

А.Е. БАЛАКИНА, В. ХЕРБЕЗ

**ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ НОВЫХ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ
РЕШЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭКОТУРИЗМА В ИСТОРИЧЕСКО-КУЛЬТУРНЫХ
ЗАПОВЕДНИКАХ, НА ПРИМЕРЕ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА _____ 405**

О.Л. БАНЦЕРОВА, Д.А. ШАБАЕВА

**БИОНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ (НА
ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ТЮЗА В ГОРОДЕ-КУРОРТЕ АНАПЕ) _____ 412**

А.А. БЕНУЖ, О.У. ЙЕЙЕ

**ПОСЛЕДСТВИЯ УСТОЙЧИВОГО ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В КЕНИИ _____ 418**

А.И. ГИЯСОВ, С.М. МИРЗОЕВ

**ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА _____ 425**

Д.Ю. ГУСТОВ, Ю.И. ГУСТОВ

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПРИ СНОСЕ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ _____ 433**

Н.В. ДАНИЛИНА, Д.Н. ВЛАСОВ, И.А. БАХИРЕВ ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА МОБИЛЬНОСТЬ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ	438
Н.В. ДУБЫНИН, В.В. КОНОВАЛОВА АРХИТЕКТУРА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ВОПРОСЫ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ	442
О.Н. ДЬЯЧКОВА ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ	449
А.В. ЗАХАРОВ, Т.Р. ЗАБАЛУЕВА ЗДАНИЯ-МОСТЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ ГОРОДОВ	455
С.В. ИЛЬВИЦКАЯ, Е.А. ДАВЫДОВА ВЛИЯНИЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ	459
С.В. ИЛЬВИЦКАЯ, Д.М. БАБКИН СРЕДОВАЯ АДАПТАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ	464
С.В. ИЛЬВИЦКАЯ, П. ЖИЦА АРХИТЕКТУРНАЯ ТИПОЛОГИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ЧАСОВЕН НА ПРИМЕРЕ СЕРБИИ И РОССИИ	470
С.В. ИЛЬВИЦКАЯ, АШУР РИМА РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ ТУРИЗМА В ГОРНОМ РАЙОНЕ АЛЖИРА	477
В.А. ИЛЬИЧЕВ, В.И. КОЛЧУНОВ, Н.В. БАКАЕВА, А.А. КОРМИНА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ МЕТОДОЛОГИИ КОМФОРТНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА	482
А.Р. КЛОЧКО АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЦЕНТРОВ ПАЛЛИАТИВНОЙ ПОМОЩИ	490
Е.В. КОРКИНА, М.Д. ТЮЛЕНЕВ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЁТА ПОСТУПАЮЩЕЙ ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ	496

К.Ю. КУЛАКОВ, Е.С. СОЛОВЬЕВА

ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» ПРИ РАЗВИТИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ _____ 501

В.А. КУРОЧКИНА

УРБАНИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ _____ 507

Т.Г. МАКЕЕВА, А.В. АКАНОВ

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ _____ 514

И.Б. МЕЛЬНИКОВА

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ТИПОВЫХ СЕРИЙ 1970-Х ГГ. _____ 518

Н.Ф. МЕТЛЕНКОВ

СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА АРХИТЕКТУРЫ XXI ВЕКА _____ 523

Б.Э. НАЗИРОВ, В.О. ЧУЛКОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО ПРИ РЕОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ _____ 526

В.М. НГУЕН, Е.Ю. ЗАЙКОВА

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УРБАНИЗАЦИИ В КОНТУРЕ КАНАЛОВ ГОРОДА ХОШИМИН (НА ПРИМЕРЕ КАНАЛОВ: ОНГ ЛАН И ХИЕП АН _____ 531

А.С. ПАВЛЮК, А.Е. БАЛАКИНА

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ДЕТЕЙ В СТРУКТУРАХ НОВЫХ ТИПОВ ЖИЛЬЯ _____ 539

Н.А. САМОЙЛОВА

«БЫСТРЫЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕСТ ТЕРРИТОРИИ»: АТЛАС ЗАСВЕТКИ, ЗОНЫ СЭТ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ _____ 543

М.А. СЛЕПНЕВ

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ Г. ИЖЕВСК С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ _____ 550

Л.А. СОЛОДИЛОВА

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННОГО ЖИЛИЩА И СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПО ФОРМАМ СОБСТВЕННОСТИ _____ 557

Б.С. СТРИГИН

ПАМЯТНИКИ АРХИТЕКТУРЫ - КАК ДУХОВНОЕ НАСЛЕДИЕ НАРОДА _____ 561

Е.В. СЫСОЕВА, М.О. ГЕЛЬМАНОВА	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНА МОСКВЫ МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ПЫЛИ ВБЛИЗИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	566
Е.В. СЫСОЕВА, И.В. МОРОЗОВ	
ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ «ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ» В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РОССИИ В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ СЕЗОНЫ	572
В.И. ТЕЛИЧЕНКО, Н.С. РУДЬ	
КОНЦЕПЦИЯ «ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ» ПРИ СОЗДАНИИ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	579
В.Н. ТКАЧЕВ, Т.О. САРВУТ	
К СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ВОСТОКА РФ	585
Т.Е. ТРОФИМОВА	
ПРИМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ	591
А.И. ФИНОГЕНОВ, П.С. РАЗУМОВА	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ – КАК ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИЗМА	595
И.С. ШУКУРОВ, П.А. СЛЕПНЕВ, А.А. БРЫКОВ	
ФОРМИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕНОВАЦИИ	599
Е.В. ЩЕРБИНА, Т.К. НГУЕН	
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДОВ ВЬЕТНАМА	605

СЕКЦИЯ 5. МЕХАНИКА ГРУНТОВ. ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ И ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Т.С. АЛЕРОВЕВ	
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА РАДОНА В РЕЖИМЕ ДИФФУЗИИ И СУБДИФФУЗИИ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ	611
Е.А. КОРЧАГИН, П.А. НИКОЛАЕВ	
КОСВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКРЕПЛЁННЫХ ИЛИСТЫХ ГРУНТОВ	614
А.А. ПЛОТНИКОВ, Г.Р. ГУРЬЯНОВ	
ВЛИЯНИЕ МЕРЗЛОГО ОСНОВАНИЯ НА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	620

З.Г. ТЕР-МАРТИРОСЯН, Г.О. АНЖЕЛО

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЩЕБЕНОЧНОЙ СВАИ (КОЛОННЫ) С РОСТВЕРКОМ И С
ОКРУЖАЮЩИМ И ПОДСТИЛАЮЩИМ ГРУНТОМ С УЧЕТОМ ИХ УПРУГИХ И
УПРУГО-ВЯЗКИХ СВОЙСТВ _____ 626**

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

В.К. АХМЕТОВ

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙНОГО ПУЗЫРЬКОВОГО ПОТОКА
КОНТРВИХРЕВОГО АЭРАТОРА _____ 630**

В.Б. ВИКУЛИНА, П.Д. ВИКУЛИН, Г.Ш. МАМИНА

**ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА НА СОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ
ЗАГРУЗКИ _____ 634**

А.В. ДЕНИСОВ, Д.В. ЗАЙЦЕВ

**ВЛИЯНИЕ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ НА ПЛОТНОСТЬ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ
МАТРИЦЫ В СОСТАВЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ДЛЯ АЭС _____ 641**

И.Г. КАНТАРЖИ

**КОМПОЗИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛНОВЫХ
ПРОЦЕССОВ С ПОРТОВЫМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ __ 648**

Е.А. КОРЧАГИН, С.С. КОТИЦЫНА

**РЕМОНТ НЕФТЕНАЛИВНОГО ПРИЧАЛА ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ
СУДОВ _____ 654**

Г.В. ОРЕХОВ, Р.В. ЛУКИЧЕВ, М.К. СКЛЯДНЕВ

**СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПОТОКОВ _____ 660**

М.П. САИНОВ

**ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КАМЕННО-ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ КОЛЫМСКОЙ ГЭС _____ 665**

В.В. ТОЛСТИКОВ

**ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ НА СТАТИЧЕСКУЮ
РАБОТУ БЕТОННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЛОТИН ПРИ РАСКРЫТИИ
КОНТАКТНОГО ШВА _____ 670**

СЕКЦИЯ 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Н.В. БАКАЕВА, А.В. КАЛАЙДО

**СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДОНОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВНУТРИЖИЛИЩНОЙ СРЕДЫ _____ 677**

В.А. ГОРЕВ, А.Д. КОРОЛЬЧЕНКО

**ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ УСТАНОВКИ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ
НА ДАВЛЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ ВЗРЫВЕ ГАЗА _____ 684**

И.А. ЕНГОВАТОВ

**РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК КАК ИСТОЧНИК РАО НА
СТАДИИ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ _____ 689**

Е.С. КЕЦКО, В.И. РИМШИН

**ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ _____ 695**

А.А. КОМАРОВ

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА
ЖИДКОСТЕЙ _____ 704**

А.А. КОМАРОВ, Н.В. ГРОМОВ

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОГО СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВНОЙ АВАРИИ _____ 712

А.А. КОМАРОВ, Н.В. ГРОМОВ, А.Д. КОРОЛЬЧЕНКО

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ НА
ВЗРЫВНЫЕ НАГРУЗКИ ПРИ АВАРИИ _____ 720**

Д.А. КОРОЛЬЧЕНКО, Е.А. АРТЕМЬЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ
ОГНЕСТОЙКОСТИ _____ 727**

Д.А. КОРОЛЬЧЕНКО, А.А. ЕВИЧ

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРА ПРИ ВЗРЫВЕ ГАЗА В
ПОМЕЩЕНИИ _____ 733**

Д.А. КОРОЛЬЧЕНКО, ХАЛЛУЛ ЮНЕС

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ СКЛАДСКИХ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ _____ 737**

С.О. КУРНАВИНА, И.В. ЦАЦУЛИН

**УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ОСТАТОЧНОЙ ТРЕЩИНЫ В
СЖАТОЙ ЗОНЕ БЕТОНА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ _____ 744**

А.А. ЛАВРУСЕВИЧ, В.П. ХОМЕНКО, Ю.Н. ЛУКЬЯНОВА, И.А. ЛАВРУСЕВИЧ, Т.С. АЛЕШИНА, А.Й. ТОДОРОВА	
МИТИГАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА НЕКОТОРЫХ СООРУЖЕНИЯХ	750
О.В. МКРТЫЧЕВ, С.Р. МИНГАЗОВА	
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ С СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИМ СКОЛЬЗЯЩИМ ПОЯСОМ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ	756
А.П. ПАРФЁНЕНКО, Е.Г. КОСТЮЧЕНКО	
ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА	763
О.И. ПОДДАЕВА, П.С. ЧУРИН	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫСОТНЫЙ ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС С РАДИАЛЬНОЙ КОМПОНОВКОЙ	767
Е.Н. ПОКРОВСКАЯ	
СОЗДАНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛУФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	771
В.И. РИМШИН, И.С. КУЗИНА	
ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	774
В.В. СИМОНЯН	
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СКЛОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ	778
В.А. СМИРНОВ	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ОПОРАХ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ СТАНКОВ	787
А.Л. СУЗДАЛЕВА, В.А. КУРОЧКИНА, О.К. КРИНОЧКИНА	
ДЖЕНТРИФИКАЦИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	794
Н.Т. ФАМ, Д.А. КОРОЛЬЧЕНКО	
АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ НА ВЫСОТЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	802

СЕКЦИЯ 8. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ И ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

И.С. АКСЁНОВ, А.П. КОНСТАНТИНОВ

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ
ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ _____ 810**

А.В. БУСАХИН

ВОПРОСЫ ПОКВАРТИРНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ _____ 816

В.Г. ГАГАРИН, П.П. ПАСТУШКОВ, М.Д. СТОЛЯРОВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ ПЛАСТМАСС В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ __ 822**

Ж.М. ГОВОРОВА, В.А. СЕМЕНОВЫХ

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРАЦИОННОГО БЛОКА КОМПАКТНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ _____ 826**

М.Е. ДЕМЕНТЬЕВА, Д.М. МАЗУРИН

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНОСУ ЗДАНИЙ ПРИ
РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ _____ 831**

М.Е. ДЕМЕНТЬЕВА, А.С. ЯКИМЕНКО

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ _____ 837**

А.К. КЛОЧКО

**ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНФИГУРАЦИИ
ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПОИСКОВОЙ МЕТОДИКОЙ _____ 842**

О.Ю. МАЛИКОВА

**РАСЧЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
КЛИМАТА _____ 846**

Е.Г. МАЛЯВИНА, А.Г. ЛОМАКИН

**ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ
НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, РАБОТАЮЩЕЙ В
ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА НЕПОЛНЫЕ СУТКИ _____ 851**

Е.Г. МАЛЯВИНА, ФАМ ВАН ЛЬОНГ	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА	858
В.А. ОРЛОВ	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК РЕЗУЛЬТАТ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ	866
В.И. ПРОХОРОВ, М.А. РАЗАКОВ	
ОБЗОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ	871
Е.И. ПУПЫРЕВ	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ	876
А.Г. РЫМАРОВ, Д.Г. ТИТКОВ	
ДИНАМИКА БАЛАНСА ТЕПЛОТЫ ОТ ВОСХОДЯЩИХ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ В ПОМЕЩЕНИИ	880
О.Д. САМАРИН, О.А. ГНЕЗДИЛОВА	
АНАЛИЗ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННОЙ ВОДЫ ПОСЛЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГВС	886
С.В. САРГСЯН, В.А. ШАЛУНОВА	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ФОНДОХРАНИЛИЩ МУЗЕЕВ	890
С.Д. СОКОВА, Н.В. СМЕРНОВА	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ	896
С.М. УСИКОВ	
ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТУРА СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	902
С.В. ФЕДОСОВ, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, И.А. ЗАЙЦЕВА	
ЦИФРОВАЯ МОДУЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ВОЗДУШНОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В МАЛОЭТАЖНЫХ СТРОЕНИЯХ	908
П.А. ХАВАНОВ	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ МАЛЫХ ГОРОДОВ И СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	915
Л.А. ШИЛОВА, А.А. ВОЛКОВ	
К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОНОМНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	919

СЕКЦИЯ 9. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

П.Ю. ВОРОБЬЕВ, Д.П. МАКСИМОВ, М.М. ЖЕЛЕЗНОВ

**ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ЦЕНТРОВ
ФОТОГРАФИРОВАНИЯ В ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ _____ 924**

А.В. ГИНЗБУРГ, М.М. ЖЕЛЕЗНОВ, Р.К. САЙФУТДИНОВ

**АКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОЯЩИХСЯ
ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ _____ 929**

А.В. ГИНЗБУРГ

**ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО
ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА _____ 936**

Н.А. ИВАНОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ _____ 940**

В.Н. КАБАНОВ

**ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ
ПРИ УСТРОЙСТВЕ КОТЛОВАНА _____ 944**

П.Б. КАГАН, А.О. РЫБАКОВА

**ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ» В СТРОИТЕЛЬНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ _____ 950**

О.Н. КУЗИНА, Л.Е. ЩЕДРИНА, О.А. МЕЗЕНЦЕВА

**КЛАССИФИКАТОР ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ _____ 954**

Т.К. КУЗЬМИНА, П.В. БОЛЬШАКОВА, Л.И. ЛЕДОВСКИХ, Д.Д. ЗУЕВА

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ _____ 960**

К.Ю. ЛОСЕВ, А.М. ЯКУБОВИЧ

**СЕМАНТИЧЕСКИЕ АТТРИБУТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ ДЛЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА _____ 965**

Б.П. ТИТАРЕНКО

РОБАСТНОСТЬ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ _____ 970

СЕКЦИЯ 10. ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Е.М. АКИМОВА, Е.Ю. ВАСИЛЬЕВА

РОЛЬ ВУЗОВ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ РОССИИ _____ 975

А.Г. СОКОЛОВА, В.Л. ЛИСТОВ

СМЕШАННАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА: КОНЦЕПЦИИ И ОЦЕНКА МОДЕЛИ _____ 979

СЕКЦИЯ 11. ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КОМПЛЕКСНЫЕ КОММУНИКАЦИИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И НЕДВИЖИМОСТИ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р.Т. АВETИСЯН, Е. БИЛОНДА ТРЕГУБОВА, Р.Р. КАЗАРЯН

ЭКОНОМИКО-ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА _____ 988

Ю.Ю. АЛЕКСЕЕВА, И.В. БУЗЯКОВА

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ КАРЬЕРОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ _____ 995

С.А. БАРОНИН

МЕТОДОЛОГИЯ МИНИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ _____ 999

А.Ю. БУТЫРИН, Е.Б. СТАТИВА

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И НАИБОЛЕЕ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУДЕБНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ _____ 1005

В.В. ГЛАЗКОВА

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ КОМАНДЫ ДЕВЕЛОПЕРСКОГО ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ РМВОК _____ 1014

К.П. ГРАБОВЫЙ	
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕКОНСТРУКЦИИ, МОДЕРНИЗАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА, РЕАЛИЗОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕЛЕВЫХ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ В АРБИТРАЖНОМ СУДОПРОИЗВОДСТВЕ _____	1019
П.Г. ГРАБОВЫЙ	
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ЖИЛИЩНЫХ ЗАСТРОЙЩИКОВ НА РЫНКЕ МАЛОЭТАЖНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ _____	1023
К.В. ЕФИМОВ, О.А. КУРАКОВА	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ _____	1026
И.В. КАРАКОЗОВА, О.В. СУХОДОЕВА	
ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ ДОСТОВЕРНЫХ СМЕТНЫХ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ _____	1031
К.Ю. КУЛАКОВ	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТОИМОСТИ В СИСТЕМЕ ДЕВЕЛОПМЕНТА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА _____	1037
А.Н. ЛАРИОНОВ	
ОБОСНОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРИОРИТЕТА ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ _____	1041
Ю.В. ЛАРИОНОВА	
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ _____	1046
Д.А. МАКСИМОВА, А.А. ПЛЕТНЁВА, А.А. СТЕПАНИШИНА	
ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ _____	1050
О.Н. МЕДВЕДЕВА, А.Ю. ЧИЛИКИН	
ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АВАРИЙНОЙ ОПАСНОСТИ _____	1055
Е.В. НЕЖНИКОВА, А.А. СУДАКОВА	
РОЛЬ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В ФИНАНСИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ _____	1060

А.К. ШРЕЙБЕР, И.Л. АБРАМОВ

**СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУР СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К
ПОСЛЕДСТВИЯМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

1064

Секция 1. Теория сооружений. Строительные конструкции и основания

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КЛЕЕВЫХ ФАСАДНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Р.Г. Алекперов¹, Е.М. Хомчук²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹5187132@mail.ru

²khomchuk_em@mail.ru

Аннотация

В решении архитектурного облика современных зданий и сооружений наибольшую популярность набирает применение навесных вентилируемых фасадных конструкций в виде декоративных панелей, изготовленных из неоднородных материалов. Они состоят преимущественно из стекла, как лицевой поверхности, и алюминия, как основы поверхности, герметично склеенных друг с другом. Для более быстрой и качественной проверки такого вида соединения предложено определить и применить новый метод проверки качества склеивания и количественной оценки наличия в панели не полностью склеенных участков. Предполагается, что новая методика позволит выявлять воздушные прослойки различной геометрии толщиной менее 1 мм, диагностировать их расположение, размеры, суммарную площадь, а также прогнозировать долговечность конструкции. Показатели выбранной нами методики сравнивались с существующими способами диагностики. Существующие методы не обеспечивают необходимую точность диагностики конструкций. В Испытательной Лаборатории Светопрозрачных Конструкций и Фасадных Систем (далее ИЛ СПКиФС) НИУ МГСУ был проведен эксперимент по применению новой методики проверки качества клеевых соединений. Средствами КЭ-анализа в программных комплексах была построена и исследована модель фасадных панелей с различной конфигурацией воздушных прослоек. Было выявлено, что в условиях естественной эксплуатации в таких воздушных полостях также создаётся напряженно-деформированное состояние (НДС), которое может привести к отклеиванию поверхности стекла от панели при циклическом воздействии. Результаты этого эксперимента представлены в данной статье.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектурное и градостроительное своеобразие города формируют фасады его зданий и сооружений. Фасады современных зданий создают визуальную и эстетическую привлекательность города. Но главной задачей любой фасадной системы, независимо от варианта исполнения, является её способность оберегать конструкцию здания от различных негативных воздействий внешней среды, ее безопасность и долговечность [1].

Производство навесных вентилируемых фасадных систем было предложено в Германии в 50-х годах прошлого века. В современном решении фасадов зданий всё больше внимания уделяется декоративным панелям, выполненным из склеенных между собой лицевой части - стекла или плитки, и основы поверхности элемента [2].

Склеивание замещает такие виды соединений, как пайка, сварка, клёпки, болтовые соединения, обеспечивая более высокую прочность и герметичность швов [3].

Целью данного исследования является создание метода диагностирования качества склеивания разнородных материалов, выявление герметичных воздушных полостей на

непрозрачных поверхностях многослойных панелей (рисунок 1), влияние воздушных полостей на долговечность панелей.



Рис. 1. Декоративная панель вентилируемой фасадной системы. Взято с: <https://www.agcglass.com/sites/default/files/styles/img-responsive/public/slider/gm.jpg?itok=xERhTev7>

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для начала были проведены теоретические изыскания и сравнительный анализ существующих методов диагностики. Выявлено, что на сегодняшний день применяются следующие методы испытаний и контроля [4]: визуальный метод, дефектоскопия (импедансный метод), акустико-ультразвуковой метод, радиоскопический метод, оптический метод, деформационный метод, разрушающие методы контроля.

Указанные методы, в большей степени, являются состоявшимися и хорошо зарекомендовавшими себя в практике, но их использование в полной мере в масштабах и темпах современного строительства не позволяет быстро и качественно определять дефектные зоны толщиной менее 1 мм. Таким образом, появилась необходимость новой методики диагностирования.

В ИЛ СПКиФС были проведены лабораторные исследования по диагностированию и разработке методики проверки качества склеивания. Для испытаний был предоставлен образец размерами 900х600х10 мм, полученный с производства.

Для оценки качества клеевого соединения и эффективного обследования панели использовался метод тепловизионного контроля. Исследуемая панель была установлена на испытательный стенд K.SchultenKS 3025/650, на котором происходил процесс нагревания испытуемого образца. Затем была применена тепловизионная съемка панели, по результатам которой отчетливо просматривались воздушные полости различной геометрии и размеров (рисунок 2).

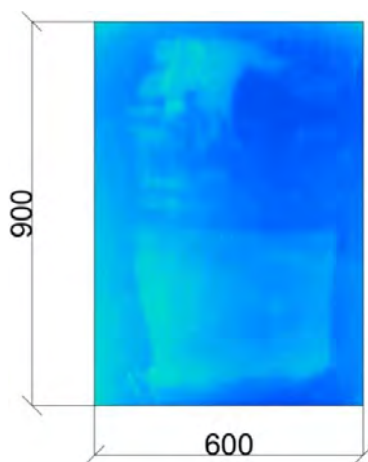


Рис. 2. Применение метода тепловизионного контроля на испытуемом образце
Методика тепловизионной съёмки выполнена в соответствии с ГОСТ 26629-85 [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучение физических свойств возможных дефектов при производстве конструкций

Наличие в фасадной панели дефектов склеивания приводит к образованию между материалами замкнутой воздушной полости. На протяжении всего срока эксплуатации воздушная полость находится в напряженно-деформируемом состоянии. Вследствие изменения атмосферного давления и температуры в ней создается разница давления внутри и снаружи.

Масса воздуха в полученной полости неизменна, однако температура газа, его давление и объем изменяются. Такое состояние, описывается уравнением идеального газа Менделеева-Клапейрона (1):

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \text{const} \quad (1)$$

где:

P_0 , V_0 и T_0 – внутреннее давление, температура и объем при герметизации;

P_1 , V_1 и T_1 – внутреннее давление, температура и объем при эксплуатации.

При производстве, атмосферного давления может изменяться. Поэтому разница давлений может быть приложена как изнутри дефектной прослойки, так и в обратном направлении [6].

1.1. Построение модели панели средствами КЭ-анализа в программных комплексах

Тепловизионный метод обследования позволяет выявить теплотехнические неоднородности конструкции. Величина теплотехнических неоднородностей конструкции определена расчетным методом. А именно, в программных комплексах THERMA 7.7 была построена физико-математическая модель фасадной панели прямоугольного сечения с произвольной геометрией воздушных полостей (рисунок 3а). Затем был проведен нагрев данной смоделированной конструкции (рисунок 3б).

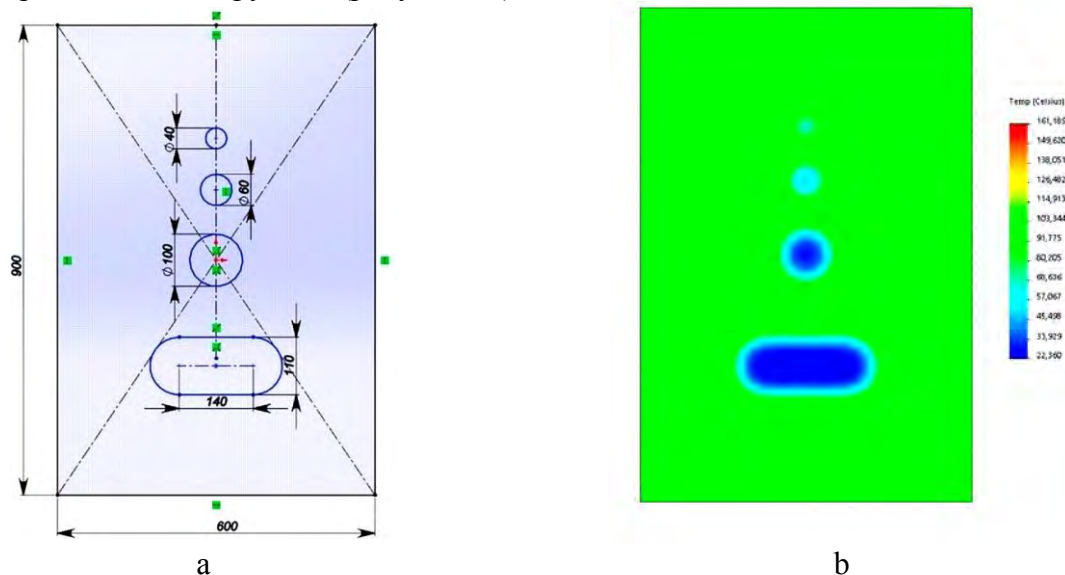


Рис. 3. а – Смоделированная панель, б – Тепловизионная съемка поверхности модели стекла (поверхность модели стекла с термическим распределением).

По полученным данным была выявлена разрешающая способность нового метода. Установлено, что предложенная методика позволяет диагностировать воздушные полости толщиной 1 мм и менее, но при этом габариты прослойки должны быть не менее 60 мм.

1.2. Определение термического сопротивления модели панели

Для оценки и сравнения термического сопротивления в различных областях по всей площади панели были проведены расчёты на теплопроводность модели (таблица 1).

Таблица 1. Характеристики материалов

Испытуемая модель	Толщина, δ (м)	Коэффициент теплопроводности, λ (Вт/м $^{\circ}$ С)	Термическое сопротивление, R_0 , (м 2 С/Вт)
Стекло	0,006	0,760	$7,9 \times 10^{-3}$
Клей	0,001	0,200	$5,0 \times 10^{-3}$
Воздух	0,001	0,024	$4,2 \times 10^{-2}$
Алюминий	0,003	221,000	$1,4 \times 10^{-5}$

$$R_0 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,006\text{ м}}{0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} + \frac{0,001\text{ м}}{0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} + \frac{0,003\text{ м}}{221 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} = 0,0129 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}} \quad (2)$$

$$R_0 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,006\text{ м}}{0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} + \frac{0,001\text{ м}}{0,024 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} + \frac{0,003\text{ м}}{221 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{С}}} = 0,0499 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}} \quad (3)$$

Как показывают расчёты, термическое сопротивление многослойной конструкции с воздушной полостью (3) почти в 4 раза превосходит термическое сопротивление многослойной конструкции с клеевой основой (2). Так как испытуемый образец является частью вентилируемой фасадной системы и не контактирует с теплыми помещениями, то данный расчёт носит только ознакомительный характер.

1.3. Определение объёма газов в дефектных полостях модели панели

Для дальнейших теоретических исследований физических свойств замкнутой герметичной воздушной прослойки в условиях, приближенных к существующим, были вычислены объёмы газов. Первоначально был проведен расчёт в момент сборки исследуемой конструкции. Принято условие, что температура при производстве равнялась +20 $^{\circ}$ С. Объем газа в полостях был вычислен по формуле (4):

$$V_0 = S_0 \times h \quad (4)$$

где:

- $S_0 = \pi \cdot R^2$ - площадь основания полости круглого сечения;
- $S_0 = L \cdot B$ - площадь основания полости квадратного сечения;
- h - толщина полости.

Для более наглядного и удобного ознакомления результаты расчётов сведены в табличный вид (таблица 2):

Таблица 2. Объём газа в исследуемых полостях в момент сборки (при +20 $^{\circ}$ С)

Сечение полости	Число π	Геометрические характеристики			Площадь основания, S_0 , (м 2) ($\times 10^{-3}$)	Толщина, h , (м)	Объём полости, V_0 , (м 3) ($\times 10^{-6}$)
		Радиус, R , (м)	Длина, L , (м)	Ширина, B , (м)			
Круглое	3,141	0,020	-	-	1,260	0,001	1,260
Круглое	3,141	0,030	-	-	2,830	0,001	2,830
Круглое	3,141	0,050	-	-	7,850	0,001	7,850

Комбинированное	3,141	0,055	0,110	0,140	25,000	0,001	25,000
-----------------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	--------

На основании полученных данных (таблица 2) рассчитаны объёмы газа в замкнутых полостях в условия эксплуатации панели. Было условлено, что температура в теоретическом расчёте равна температуре, которую испытывает на себе любая конструкция с герметично замкнутыми газовыми полостями под воздействием солнечной радиации. Это значение было принято равным $t = +60^{\circ}\text{C}$.

При неизменном давлении $P_1 = P_0 = \text{const}$ вычисления велись, основываясь на законе Гей-Люссака по формуле (5):

$$V = V_0 \times (1 + \alpha \times t) \quad (5)$$

где:

- V - объём газа в естественных условиях эксплуатации при температуре t ;
- V_0 - объём газа при сборке;
- $\alpha = 1/273$ - температурный коэффициент расширения (объёмного).

Результаты расчётов представлены в виде таблицы (таблица 3):

Таблица 3. Объём газа в при эксплуатационной температуре ($+60^{\circ}\text{C}$)

Сечение полости	Объём полости, V_0 ($\times 10^{-6} \text{ м}^3$)	Коэффициент расширения, α , ($\times 10^{-3}$)	Эксплуатационная температура, t , ($^{\circ}\text{C}$)	Объём полости, V , ($\times 10^{-6} \text{ м}^3$)
Круглое	1,26	3,70	60,00	1,54
Круглое	2,83	3,70	60,00	3,46
Круглое	7,85	3,70	60,00	9,59
Комбинированное	25,00	3,70	60,00	30,55

По результатам вычислений установлено, что в замкнутой герметичной воздушной полости при увеличении температуры объём газа существенно увеличивается и приводит к образованию НДС по периметру клеевого слоя. По мере эксплуатации панели воздушная полость разрастается, снижается общая площадь клеевого слоя, что приводит к эксплуатационной надёжности конструкции.

1.4. Изучение влияния давления на замкнутые газовые полости элементов конструкции

Расчеты выполнены с заданными исходными состояниями физических параметров при герметизации на производстве: атмосферное давление – P_0 , температура – t_0 , объём – V_0 , и физическими параметрами при эксплуатации: атмосферное давление – P_1 , температура – t_1 .

Принято, что температура воздуха на производстве $+20^{\circ}\text{C}$; давление равно атмосферному - 760 мм рт.ст. = 101,3 кПа; максимальная температура эксплуатации $+60^{\circ}\text{C}$. Согласно закону Шарля для неизменной массы газа, вычисления велись по формуле (6):

$$P = P_0 \times (1 + \gamma \times t) \quad (6)$$

где:

- P – давление газа в естественных условиях эксплуатации при температуре t ;
- P_0 – давление газа при сборке;
- $\gamma = 1/273 = 3,7 \times 10^{-3}$ – термический коэффициент давления газа, тогда:

$$P = 101,3 \text{ кПа} \times (1 + 3,7 \times 10^{-3} \times 60,0^{\circ}\text{C}) = 123,79 \text{ кПа} \quad (7)$$

Как видно из результата, давление в замкнутой газовой системе увеличивается, что приводит к возникновению в конструкции напряженно-деформируемого состояния.

1.5. Моделирование НДС панели в условиях естественной эксплуатации

Суточные циклические изменения температуры наружного воздуха могут быть весьма существенными. Такие перепады влекут за собой ситуацию, когда в течение суток каждый день элемент непрочной части фасадной панели «пульсирует» - растягивается и сдувается.

Это вызвано тем, что под действием солнечных лучей температура в полости повышается до отметки в +60 °С, а затем понижается до температуры наружного воздуха. При увеличении температуры, давление, по закону Шарля, также увеличивается. Увеличение давления приводит к возникновению распирающего усилия на краях воздушной полости (рисунок 4а), и возникает перемещение (рисунок 4б). Величина этого перемещения равна 0,1 мм на фрагмент 100 мм полости.

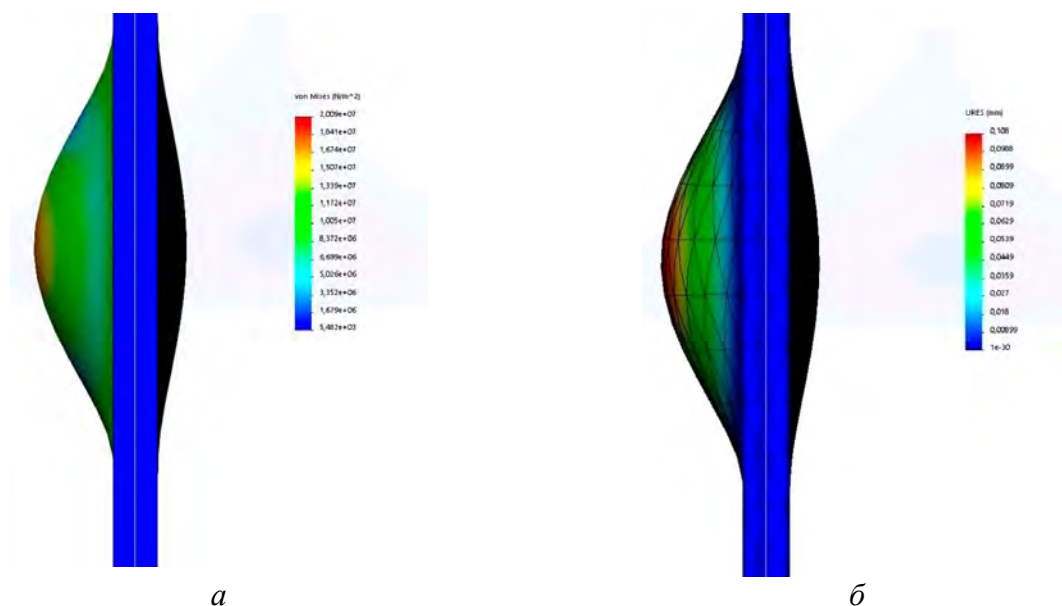


Рис. 4. *а* - Возникновение НДС на фрагменте 100 мм полости;
б – Перемещение на фрагменте 100 мм полости.

Вычислим силу, действующую на замкнутую газовую систему фрагментом 100 мм при температуре наружного воздуха +30°С и нормальным атмосферным давлением 760 мм рт.ст. по формуле (6):

$$F_{\text{изб}} = 0,1333 \times S \times \left(P_y - \frac{P_0 \times (t_k + t_y + 546)}{2 \times (t_0 + 273)} \right) \quad (8)$$

где:

- S – площадь воздушной полости, м^2 ;
- P_y – атмосферное давление во время эксплуатации, мм рт.ст.;
- P_0 – атмосферное давление во время производства, мм рт.ст.;
- t_0 – температура при производстве, °С;
- t_k – комнатная температура, °С;
- t_y – уличная температура, °С; ($t_y = t_k$, не контактирует с теплыми помещениями),

тогда:

$$F_{\text{изб}} = 0,1333 \times 7,85 \times 10^{-3} \times (760 \text{ мм рт.ст.} - \frac{760 \text{ мм рт.ст.} \times (30^{\circ} \text{C} + 30^{\circ} \text{C} + 546)}{2 \times (20^{\circ} \text{C} + 273)}) = -0,027 \text{ кН} \quad (9)$$

Отрицательное значение указывает на то, что сила воздействует изнутри на каждый квадратный метр лицевой поверхности панели.

Следовательно, при постоянном циклическом воздействии по кромке склеивания создается напряженно-деформированное состояние, которое старается разрушить клеевую зону [7]. При нагреве увеличивается давление, и непроклеенная зона расширяется, возникает перемещение, приводящее к отслаиванию поверхности стекла от панели, что ведёт к частичному разрушению элементов фасада здания [8].

ВЫВОДЫ

Результаты расчетов были подтверждены лабораторными испытаниями. Перспективным и хорошо зарекомендовавшим себя является способ тепловизионного контроля при диагностировании качества клеевых соединений. Также были определены разрешающие способности нового метода. Предложенная методика позволяет фиксировать воздушные полости толщиной менее 1 мм и габаритами от 60 мм.

Выявлены и обозначены основные пункты влияния рассмотренных дефектов на безопасную эксплуатацию многослойных вентилируемых фасадных систем. Установлено, что в эксплуатационных условиях в конструкции возникает напряженно-деформируемое состояние, которое негативно сказывается на долговечности фасада здания или сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магай А.А., Дубынин Н.В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. 2010. №2. С. 14-21.
2. Галямичев А.В. Навесной вентилируемый фасад с облицовкой из тонких керамических панелей с клеевым креплением к каркасу. – СПб.: ФГАОУ ВО «СПбПУ», Изд-во НИУПЦ «Межрегиональный институт окна» // Светопрозрачные конструкции, 2017. – С. 48-56.
3. Вильнав Ж.Ж. Клеевые соединения. Перевод с французского Л.В. Синегубовой. – М.: Техносфера, 2007. - 385с.
4. Мурашов В.В. Неразрушающие методы контроля качества клеевых соединений. Наука и технологии ООО, 2008. – С. 20-26.
5. ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. М.: Издательство стандартов, 1986
6. Стратий П.В. Методика расчёта прогибов стёкол в составе стеклопакета под климатической нагрузкой. Автореферат диссертации. Москва, 2013
7. Gerasimova E.N., Galyamichev A.V., Mikhailova M.K., Dogru S. Stress-strain state of a glass panel with adhesive point fixings. Magazine of Civil Engineering, 2019. №8. – С. 127-141.
8. Куреннов С.С. Определение напряжений в клеевом соединении с областью непроклея в продольном направлении с использованием упрощенной двумерной теории. Издательство Сибирского отделения РАН // Прикладная механика и техническая физика, 2019. №4, - С. 174-182.

О ЗАВИСИМОСТЯХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В.И. Андреев¹, Л.С. Полякова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹asv@mgsu.ru

²l.poliakova@inbox.ru

Аннотация

В статье рассмотрено влияние повышенных температур в интервале от 20°C до 200°C на механические свойства бетона.

В основу работы положены функции, аппроксимирующие универсальную диаграмму бетона в интенсивностях напряжений и деформаций.

ВВЕДЕНИЕ

Бетон и железобетон при повышенных и высоких температурах кардинально меняет свои свойства [1]. В первую очередь изменяется нелинейная диаграмма деформирования бетона. В статье приведены примеры изменения основных упругих характеристик (модуля упругости и коэффициента Пуассона) при нагреве до 200°C, а также изменение диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$.

В статье приводится метод, разработанный с учетом физической нелинейности [2, 3], а также неоднородности бетона. Расчеты проводились в интервале 20°C – 200°C, для более высоких температур используются жаростойкие бетоны [1]. Добавим, что при высоких температурах в бетоне возникают температурные деформации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач используются результаты экспериментальных исследований и методы аппроксимации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Вынужденные деформации от температурного воздействия.

Воздействие температуры на ненагруженный бетон приводит к возникновению в нем температурных деформаций и дополнительному развитию деформаций усадки. Общая величина деформаций ненагруженного бетона при действии повышенных температур включает три вида деформаций – деформации усадки, обратимые и необратимые температурные деформации. Соответственно температурно-усадочные деформации бетона могут быть определены по формуле:

$$\varepsilon_T = \varepsilon_T^{HO}(T) + \varepsilon_T^O(T) - \varepsilon_{yc}(T) \quad (1)$$

где $\varepsilon_T^{HO}(T)$ и $\varepsilon_T^O(T)$ – соответственно необратимые и обратимые температурные деформации при нагревании бетона до температуры T ; $\varepsilon_{yc}(T)$ – усадочные деформации бетона при повышенной температуре T .

Необратимые температурные деформации определяются по формуле:

$$\varepsilon_T^{HO}(T) = \alpha^{HO}(T)\Delta T, \quad (2)$$

где $\alpha^{HO}(T)$ - coefficient of linear irreversible temperature deformations; $\Delta T = T - T_0$, где $T_0 = 20^\circ$ - значение нормальной температуры.

Зависимость коэффициента α^{HO} от температуры (рис. 1) аппроксимируется выражением:

$$\alpha^{HO}(T) = 1,35 \cdot 10^{-5} \cdot \exp(-0,027\Delta T) \quad (3)$$

а для обратимых деформаций:

$$\varepsilon_T^O(T) = \alpha^O(T)\Delta T \quad (4)$$

С учетом влажности этот коэффициент зависит только от температуры (рис.2) и аппроксимируется выражением:

$$\alpha^O(T) = 0,76 \cdot 10^{-5} + 7,5 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(0,02\Delta T). \quad (5)$$

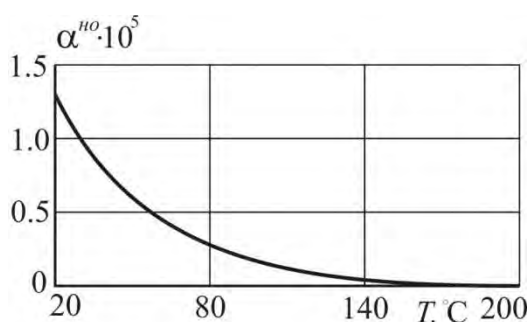


Рис. 1. Коэффициент линейных необратимых деформаций

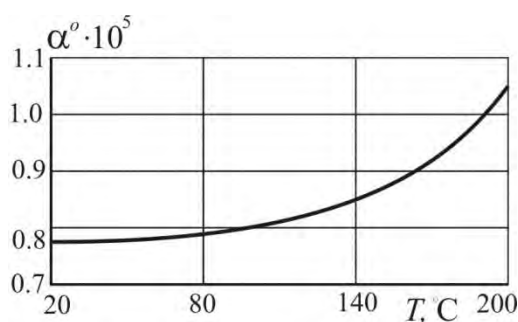


Рис. 2. Коэффициент линейных обратимых деформаций

2. Модуль упругости

Изменение начального модуля упругости бетона при повышенных температурах показано на рисунке 3 и описывается соотношением:

При стационарном нагреве в тяжелом бетоне модуль упругости бетона не зависит от его длительности, а зависит только от температуры:

$$E(T) = E_0 \cdot (T_0 / T)^{0,24}. \quad (6)$$

Здесь E_0 - модуль упругости при нормальной температуре $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

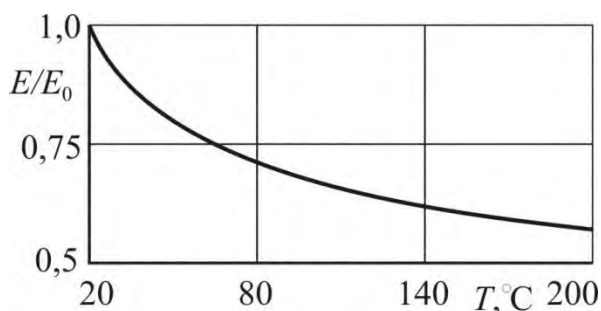


Рис. 3. Изменение модуля упругости бетона

3. Коэффициент Пуассона

При изменении температуры коэффициент поперечных деформаций изменяется медленно и снижается только вблизи 200°C (рисунок 4):

$$\nu(T) = \nu_0 - 2,6 \cdot 10^{-4} \cdot (T_0 / T)^{-2,5}. \quad (7)$$

Здесь $\nu_0 = 0,24$ - коэффициент Пуассона при температуре $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

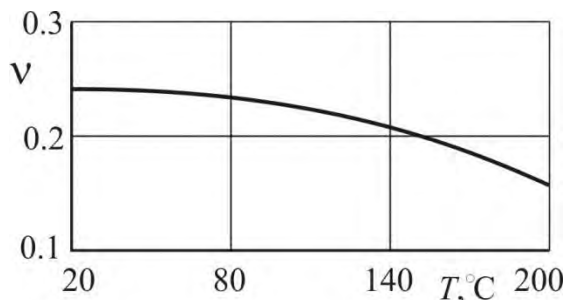


Рис. 4. Изменение коэффициента Пуассона

4. Диаграмма деформирования бетона.

При осевом сжатии при высоких температурах прочность бетона изменяется с ростом температуры и времени ее действия. Наиболее заметно, что при начальном нагреве идет незначительное снижение [4], а при долгом нагреве прочность бетона немного растет (рисунок 5). Метод расчета НДС железобетонных конструкций главным образом основан на аналитической зависимости $\sigma - \varepsilon$ при одноосном сжатии. В общем случае рассматривается зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций: $\sigma_i - \varepsilon_i$. Одной из удобных зависимостей является

Для построения методики расчета напряженно-деформированного состояния железобетонных сооружений с учетом температурных воздействий необходимо иметь аналитические зависимости, описывающие полную диаграмму деформирования бетона при повышенных температурах. Диаграмма напряжений определяется из опытов на одноосное сжатие, но в общем случае, для описания объемного напряженного состояния, используется диаграмма, связывающая интенсивности напряжений и деформаций. Для аппроксимации нелинейной диаграммы деформирования удобно использовать зависимость с тремя константами [6]:

$$\sigma_i = E\varepsilon_i - A\varepsilon_i^\alpha, \quad (8)$$

где E - начальный модуль упругости, A - константа, имеющая размерность напряжений, α - показатель степени (безразмерная величина).

Эта зависимость хорошо аппроксимирует экспериментальные кривые данные и при $\varepsilon_i \rightarrow 0$ переходит в закон Гука для линейно-упругого материала.

При решении задач с непрерывной неоднородностью очевидно, что механические константы E , A , и α переходят в непрерывные функции:

$$E(T) = E_0 (T_0 / T)^{k_E}, \quad A(T) = A_0 (T_0 / T)^{k_A}, \quad \alpha(T) = \alpha_0 (T_0 / T)^{k_\alpha}. \quad (9)$$

Значения параметров и коэффициентов указаны в Таблице 1.

Таблица 1. Параметры формул (13)

E_0	k_E	A_0	k_A	α_0	k_α
1199 МПа	0,24	115000 МПа	1,028	1,821	0,062

На рисунке 5 представлены диаграммы деформирования бетона при повышенных температурах.

1 - кривая деформирования бетона при $T = T_0 = 20^\circ\text{C}$, 2 - при $T = 60^\circ\text{C}$, 3 - при $T = 120^\circ\text{C}$, 4 - при $T = 200^\circ\text{C}$.

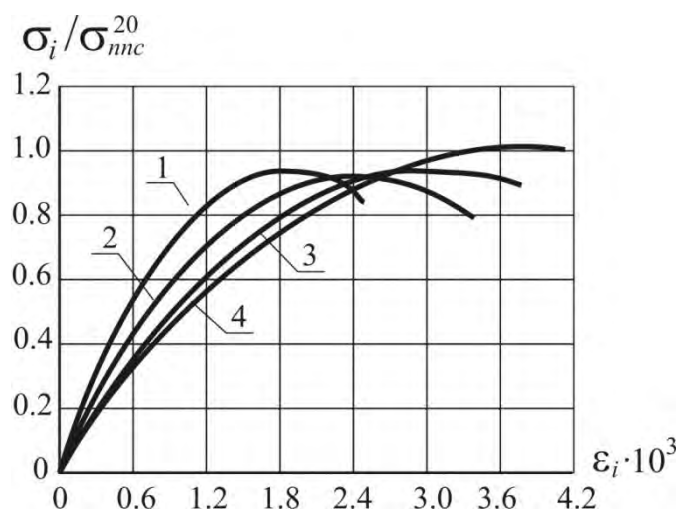


Рис. 5. Диаграммы деформирования бетона в условиях повышенных температур, σ_{nnc}^{20} - предел прочности на сжатие при $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

ВЫВОДЫ

Приведенные в статье зависимости характеристик бетона от температуры могут использоваться при расчетах бетонных и железобетонных конструкций. Многие конструкции при эксплуатации находятся в нестационарном или квазистационарном тепловом режиме. Это энергетические установки, турбинные транспортные установки, дымовые трубы, грануляционные башни, авиационные реактивные двигатели и другие. Использование приведенных в статье функций и диаграмм позволяет уточнить напряженно-деформированное состояние конструкций, работающих при высоких температурах. Некоторые методы расчетов неоднородных конструкций, находящихся в температурном поле, описаны в [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.03.04-84 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур.
2. Андреев В.И., Полякова Л.С. Физически нелинейные задачи для неоднородных толстостенных оболочек // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. № 12(4). С. 36-40
3. Lyudmila S. Polyakova, Vladimir I. Andreev. Calculation of a nonlinearly elastic three-layer cylindrical shell taking into account the continuous inhomogeneity caused by the temperature field. // IOP Material Science and Engineering. 2018. № 456. 012124
4. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. // Москва. Стройиздат, 1996. 416 с.
5. Кричевский А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия // Москва. Стройиздат. 1984. 149 с.
6. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики // Москва. Стройиздат. 1978. 208 с.
7. Андреев В.И. Некоторые задачи и методы механики неоднородных тел // Москва. Изд-во АСВ. 2002. 288 с.

ВЫБОР ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СТОЯНКИ

А.А. Василькин¹, А.Т.Син²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹vasilkinaa@mgsu.ru

²sin.andrewa1@mail.ru

Аннотация

При поиске оптимальных проектных решений строительных конструкций одним из ключевых факторов, влияющих на получение экстремума, является критерий оптимальности. Традиционно, в строительстве в качестве такого критерия применяется материалоемкость, поскольку этот параметр проще всего формализовать, то есть исследователь всегда может определить расход металла или железобетона по имеющимся требованиям прочности, жесткости и устойчивости путем обычного прочностного расчета и подбора требуемого сечения. Эти требования четко закреплены в нормах и документах. Чаще всего сравнение вариантов и оптимальное проектирование конструкций сооружения ведется с использованием одного конструкционного материала – стали или железобетона, а варьирование параметров происходит за счет размеров конструкции, типов сечения или типов конструкции.

В данной работе выполнен поиск оптимального объемно-планировочного решения многоэтажного каркасного здания – многоуровневой парковки для автомобилей с двумя пандусами с учетом различных материалов. В качестве изменяемого параметра используется материал изготовления несущей конструкции сооружения – строительная сталь и монолитный железобетон. В программном комплексе Лира была построена модель здания, приложены постоянная, снеговая, ветровая и полезная нагрузки и определены сечения несущих элементов – балок, колонн, перекрытия в стальном и железобетонном исполнении.

Выполненное сравнение вариантов показало, что более эффективным вариантом для рассматриваемой конструкции являются стальные элементы. Стоимость материалов из стали на 5,15 % экономичнее конструкций из железобетона. Представляется, что данная разница стоимости материала не является существенной, особенно в абсолютных значениях, и учитывая, что сметная стоимость строительства кратно больше. Учитывая, что стальные конструкции необходимо защищать от воздействия огня и коррозии, а также восстанавливать периодически лакокрасочное покрытие, то стоимость эксплуатационных расходов стального каркаса в течении всего срока эксплуатации может превысить экономию на материале. Таким образом, в дальнейших исследованиях необходимо расширить критерий оптимальности для получения точного решения учесть большее число параметров.

ВВЕДЕНИЕ

Если рассматривать задачу проектирования строительного сооружения, то после анализа технического задания проектировщик проходит последовательно несколько этапов принятия решения по проекту. Зачастую объемно-планировочное решение здания уже определено архитектором, технологом или самим заказчиком. В случае, если здание имеет важное положение в окружающей застройке, является символом города, то его облик определяет архитектура. Если здание имеет утилитарное назначение и является промышленным объектом, то его объемно-планировочное решение определяется технологией производства. Однако, в техническом задании может быть указана только требуемая площадь сооружения, отсутствовать технологический процесс и требования к архитектурной выразительности. В таком случае, первый вопрос, который должен решить проектировщик, это выбор объемно-планировочного решения. После этого необходимо выбрать тип несущих и ограждающих

конструкций; материал, из которого будут выполнены несущие конструкции, ну и далее собственно традиционный расчет, соответствующий стадии проект.

Этапы выбора решений составляют стадию вариантного проектирования, данному этапу посвящено достаточно много литературы [1,2].

При выборе конструктивных решений конструкции и, в частности, материала, из которого изготовлены несущие конструкции проектировщики либо опираются на свой опыт проектирования либо на общие рекомендации по выбору материала. Как правило из железобетона рекомендуется выполнять колонны, не несущие значительно динамической нагрузки и ригели пролетом до 24 метров. Стальные конструкции рекомендуют применять при значительной динамической нагрузке, значительных высотах и пролетах зданий [3]. Причем конкретные числовые значения, отделяющие и определяющие оптимальную область применения этих материалов дать весьма сложно, поскольку на это влияет масса факторов и в общем случае данный вопрос решается путем комплексного технико-экономического обоснования (ТЭО). В современных рыночных условиях, когда сроки выполнения проектных работ весьма сжаты и зачастую строительство ведется параллельно проектированию данный этап не выполняется. Кроме того фактически ТЭО означает

В данной статье поставлена и решена задача технико-экономического обоснования выбора материала несущих конструкций на примере многоуровневой автомобильной парковки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемый объект представляет собой открытую надземную отдельно стоящую многоуровневую (5 этажную) автостоянку. В плане сооружение имеет прямоугольную форму с размерами в осях 102,2 на 17,5 метров. Межэтажное расстояние 3,1 метра. Шаг основных опорных конструкций – 5,1 м. Вместимость автостоянки 300 м/м.

Необходимо выполнить вариантное проектирование несущего каркаса здания с учётом утверждённых архитектурно-планировочных решений, на основные сочетания нагрузок. Для этого были произведены расчет несущих конструкций и подбор сечений из металла, расчет несущих конструкций и подбор сечений из железобетона, составить смету на объемы используемых материалов для исполнения в двух вариантах и выбрать оптимальный вариант для исполнения основного несущего каркаса.

Данную задачу можно представить как задачу поиска оптимального проектного решения несущей конструкции по критерию оптимальности – стоимость материала. Данный критерий является наиболее распространённым в применении, поскольку он относительно легко формализуем. В качестве ограничений приняты конструктивные ограничения и прочностные условия. Более полные критерии [4], такие как стоимость изготовления, монтажа и эксплуатации сложнее использовать поскольку они во многом зависят не от фундаментальных, а от социальных и экономических факторов.

Проблема оптимального проектирования является весьма актуальной и распространенной задачей для проектирования различного класса сооружений и типов строительных конструкций [5,6,7].

В настоящем расчете мы задавались основным сочетанием нагрузок, постоянной и временной. Проектирование состоит из нескольких этапов:

1. Сбор нагрузок
2. Определение расчетной схемы
3. Статический расчет
4. Подбор сечения элементов
5. Проверка принятого сечения
6. Конструирование узлов.

Первые три этапа будут общими не зависимо от применяемого материала – стали или железобетона, начиная с этапа «подбор сечения» идет специфика и свои формулы подбора

сечения.

Расчеты выполнялись численным методом в МПК «Лира-Сапр» 2017 R3, в котором построена модель здания, приложены нагрузки, ограничения перемещений и прочностные характеристики материала. На рисунке 1 представлена расчетная модель здания.

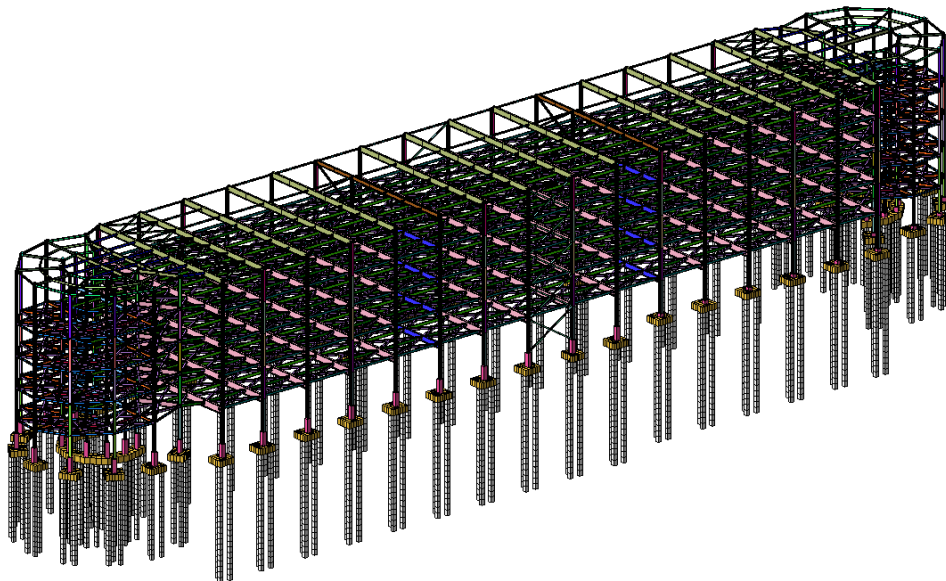


Рис.1. Общий вид расчётной модели здания.

Расчетная схема сооружения каркасная. Обеспечение геометрической неизменяемости выполнено за счет введения вертикальных крестообразных связей. Для металлического варианта балки и колонны приняты двутаврового сечения их стали С 245. Перекрытия выполнены железобетонными по несъемной опалубке. Совместная работа ж.б. плиты перекрытия и стальной балки обеспечивается за счет анкеровки в бетон предварительно приваренных через керамические кольца с помощью специального оборудования стад-болтов С390 к верхней полке стальной балки. Узлы крепления поперечных балок к колоннам жесткие, на высокопрочных болтах. Узлы крепления прогонов к колоннам и поперечным балкам шарнирные на болтах.

Во время расчета подбирались сечения несущих элементов по первой и второй группе предельный состояний (см. рис.2).

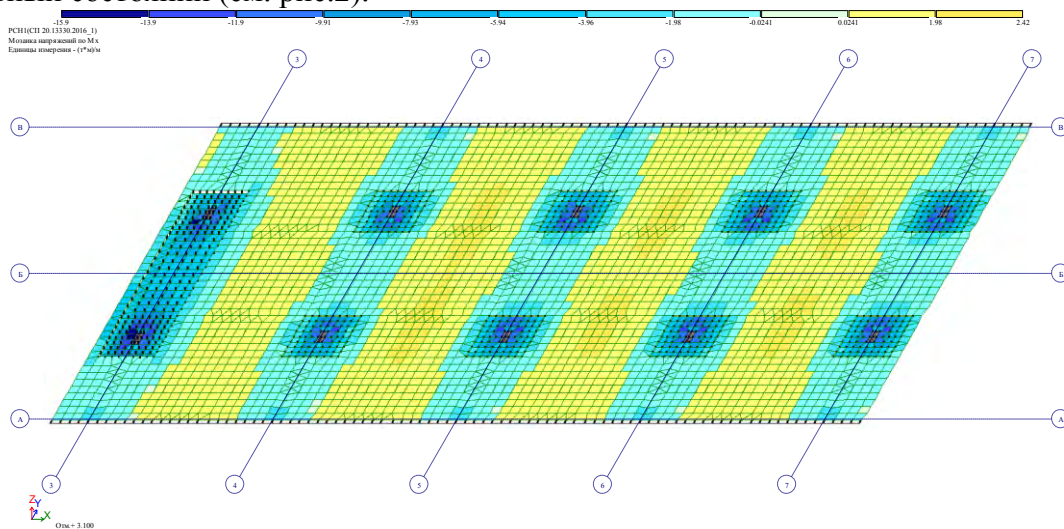


Рис.2. Изгибающие моменты M_x в плите перекрытия

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате выполненных расчётов были подобраны сечения всех несущих конструкций в стальном и железобетонном варианте исполнения и определена их сметная стоимость.

В табл. 1 и 2 приведены объемы и стоимость материалов, затрачиваемых на исполнение несущего каркаса в 2-х вариантах.

Таблица 1. Расчет затрат на материалы в исполнении стального каркаса

№ п/п	Наименование	Количество	Ед. изм.	Цена за ед., руб	Общая стоимость, руб
Железобетонные конструкции					
1	Бетон В30 F150 W6	752	м ³	4380	3293760
2	Проф. лист Н75-750-0,8	6961,88	м ²	618,75	4307660,16
3	Арматура Ø8 А500С	29,25	т	38480	1125540
4	Арматура Ø12 А500С	68,775	т	34944	2403273,6
5	Арматура Ø14 А500С	6,5175	т	34528	225036,24
Металлические конструкции					
6	Дв. 16Б1 С345	5,278	т	57144	301606,032
7	Дв. 18Б1 С345	19,092	т	62150	1186567,8
8	Дв. 20Б1 С345	3,57	т	59384	212000,88
9	Дв. 25Б1 С345	8,13	т	59384	482791,92
10	Дв. 30Б2 С345	1,44	т	58864	84764,16
11	Дв. 35Б1 С345	5,375	т	58344	313599
12	Дв. 40Б2 С345	2,36	т	56264	132783,04
13	Дв. 50Б2 С345	11,38	т	56368	641467,84
14	Дв. 55Б1 С345	8,68	т	53456	463998,08
15	Дв. 60Б2 С345	7,533	т	53456	402684,048
16	Дв. 70Б2 С345	39,3	т	51792	2035425,6
17	Дв. 25Ш1 С345	23,02	т	58344	1343078,88
18	Дв. 25К1 С345	29,85	т	56264	1679480,4
19	Дв. 25К3 С345	2,39	т	53664	128256,96
20	Проф. лист Н75-750-0,8	1805,36	м ²	618,75	1117064,73
21	Стад-болт Ø22	6,9	т	151690	1046661
22	□ 80x4 С245	1,191	т	40100	47759,1
23	□ 100x4 С245	19,42	т	36500	708830
24	□ 120x4 С245	3,441	т	42800	147274,8
25	□ 140x5 С245	2,152	т	44400	95548,8
26	t=12 мм С345	10,2	т	46000	469200
27	t=14 мм С345	7,44	т	46700	347448
28	t=20 мм С345	4,52	т	47000	212440
Итого					24 956 001

Таблица 2. Расчет затрат на материалы в исполнении железобетонного каркаса

№ п/п	Наименование	Количество	Ед. изм.	Цена за ед., руб	Общая стоимость, руб
Железобетонные конструкции					
1	Бетон В25 F150 W8	2416,400	м ³	3200	7732480,00
2	Арматура Ø8 А240	18,883	т	38272	722697,83
3	Арматура Ø8 А500С	2,167	т	38480	83393,86
4	Арматура Ø12 А500С	178,461	т	34944	6236134,20
5	Арматура Ø14 А500С	18,138	т	34528	626282,68
6	Арматура Ø16 А500С	104,296	т	34528	3601125,38
7	Арматура Ø20 А500С	46,841	т	34528	1617332,95
8	Арматура Ø22 А500С	16,274	т	34528	561894,9
Металлические конструкции					
9	Дв. 20Б1 С345	7,098	т	59384	421507,63
10	Дв. 25Б1 С345	14,392	т	59384	854654,53
11	Дв. 30Б1 С345	7,896	т	58864	464790,14
12	Дв. 35Б1 С345	10,822	т	58344	631398,77
13	Дв. 50Б1 С345	2,59	т	56368	145993,12
14	Проф. лист Н75-750-0,8	1805,36	м ²	618,75	1117064,73
15	□ 100х4 С245	28,41	т	36500	1036965,00
16	□ 120х4 С245	1,495	т	42800	63986,00
17	t=12 мм С345	4,42	т	46000	203320,00
18	t=14 мм С345	1,66	т	46700	77522,00
19	t=20 мм С345	0,91	т	47000	42770,00
Итого					26 241 313

ВЫВОДЫ

Затраты на исполнение каркаса из стальных элементов дешевле на 1 285 312 руб., чем на исполнение в железобетоне. Выполненное сравнение вариантов показало, что более эффективным вариантом для рассматриваемой конструкции являются стальные элементы. Стоимость материалов из стали на 5,15 % экономичнее конструкций из железобетона. Представляется, что данная разница стоимости материала не является существенной с учетом стоимости строителя объекта. Учитывая, что стальные конструкции необходимо защищать от воздействия огня и коррозии, а также восстанавливать периодически лакокрасочное покрытие, то стоимость эксплуатационных расходов стального каркаса в течении всего срока эксплуатации может превысить экономию на материале. Таким образом, в дальнейших исследованиях необходимо расширить критерий оптимальности и для получения точного решения учесть большее число параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. - М.: Стройиздат. 1979. - 319 с.
2. Волков А.А., Василькин А.А. Развитие методологии поиска проектного решения при проектировании строительных металлоконструкций // Вестник МГСУ. 2014. №9. С. 123-137.
3. Парлашкевич В.С., Василькин А.А., Булатов О.Е. Проектирование и расчет металлических конструкций рабочих площадок. Учебное пособие. – Москва: МГСУ, 2014.
4. Василькин А.А. К интегрированию инструментов структурной оптимизации в САПР // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 55-60.
5. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Оптимальное проектирование железобетонных плит перекрытий по критерию минимальной стоимости. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. – 2016. – С. 424-433.
6. Серпик И.Н., Алексейцев А.В. Оптимизация системы стальной плоской рамы и столбчатых фундаментов. Инженерно-строительный журнал. 2016. № 1 (61). С. 14-24.
7. Исаев А.В., Кузнецов И.Л. Вариантность критериев оптимальности при синтезе рационального конструктивного решения на примере стальных стропильных ферм. Известия КазГАСУ. 2009. №1 (11). С. 92-98.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОСТНАПРЯЖЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

И.И. Гнеушев¹, А.Н. Топилин², Кео Ун³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*gneushev.ilya96@ya.ru*

²*alex-topilin@mail.ru*

³*keooun@yahoo.com*

Аннотация

В статье выполнено численное моделирование в программном комплексе ANSYS напряженно деформированных состояний вплоть до разрушения, для балки преднапряженной высокопрочной канатной арматурой, при отсутствии сцепления арматуры с бетоном в физически нелинейной постановке. Построена геометрическая модель балки, с физически нелинейной моделью материалов, полученной при испытаниях канатной высокопрочной и конструктивной арматуры. Моделирование разрушения конструкции позволяет определить степень влияния высокопрочной арматуры на прочность, а также ее эффективность, предельные напряжения и предельные деформации и их распределение, при достижении первого предельного состояния для балок без сцепления арматуры с бетоном. По результатам анализа сформулированы выводы о работе конструкций данного типа.

ВВЕДЕНИЕ

В современном строительстве все большее применение находит система преднапряжения на бетон без сцепления арматуры с бетоном. С каждым годом количество объектов с использованием преднапряжения без сцепления увеличивается. Яркими примерами реализации зданий с применением данной системы являются: ТРК «ИКЕЯ» г. Москва и г. Екатеринбург, ТРК «Июнь» г. Череповец и др., в которых с помощью преднапряжения были выполнены пролеты от 8 до 16 м. Основной проблемой расчетов конструкций без сцепления с бетоном является определение несущей способности. Данным вопросом занимались Кузнецов В.С.[4], Шапошникова Ю.А.[4], Тур С.А. [5], Пецольд Т.М.[5]. В проведенных авторами исследованиях было установлено, что уровень напряжений высокопрочной арматуры на стадии разрушения находится в зоне упругой работы, уменьшая несущую способность конструкции. В проводимых нами расчетах в программных комплексах нагрузка, воспринимаемая конструкцией на 15-20% превышает расчетную в соответствии с нормами. Данный эффект обосновывается сохранением усилия обжатия. Учет усилия обжатия в виде внешнего момента позволяет нам при проектировании конструкций без сцепления уменьшать количество высокопрочной арматуры, что ведет к существенной экономии.

Основная задача проектировщика построение модели реально отображающей напряженно деформированное состояние конструкции в моменты предельных состояний. Расчет МКЭ в программном комплексе ANSYS преднапряженных конструкций с применением высокопрочного армирования, не имеющего сцепления с бетоном, позволяет проанализировать распределения напряжений при достижении предельного состояния, а также в момент натяжения и образования трещин, в обычной, не напрягаемой и высокопрочной канатной арматуре, что позволяет определить степень использования ее прочностных характеристик.

Цель исследования – анализ напряженно деформированного состояния, определение степени использования прочностных характеристик высокопрочной арматуры в конструкциях, не имеющих сцепления арматуры с бетоном.

Объект численного моделирования

В качестве объекта численного моделирования используется 3х метровая, шарнирно опертая по краям, балка сечением 180 х 400 мм. Материалы, основные характеристики используемых в расчетах материалов представлены в таблице 1, приняты в соответствии с ГОСТ 53772-2010[3] и результатами испытаний контрольных образцов.

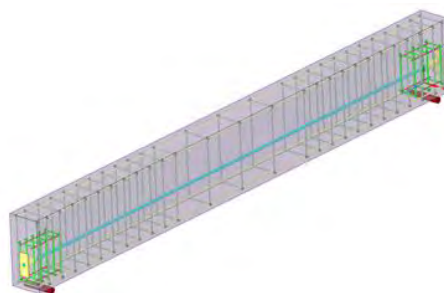


Рис.1. Геометрическая модель

Геометрическая модель балки представлена на рисунке 1.

Таблица 1. Расчетные характеристики материалов

Номер	Материал	Характеристики	Диаграмма (расчетная)
1	Бетон	$\mu=0,2$ $E_b=40\ 586,5\ \text{тпа}$ $R_b=51,24\ \text{тпа}$ $R_{bt}=3,14\ \text{тпа}$	<p>Диаграмма σ-ϵ</p>
2	Конструктивное армирование	$\text{Ø}6\ \text{тп}$ $\mu=0,3$ $E_s=200000\ \text{тпа}$	<p>Диаграмма σ-ϵ</p>
3	Канатная арматура К7-15,7-1650/1860	$A=150\ \text{мм}^2$ $\mu=0,3$ $E_{sp}=195000\ \text{тпа}$ $\sigma_{01,min}=1674,4\ \text{тпа}$ $\sigma_{0,min}=1895,2\ \text{тпа}$	<p>Диаграмма σ-ϵ (пластические)</p>

Усилие предварительного напряжения в соответствии с СП 63.13330 [1] составляет $0,8R_{sn}$ равное 1320 МПа. Потери предварительного напряжения определяются в соответствии

со статьей 9.1. СП 63.13330 [1] и методического пособия [2] Значение потерь и величина предварительного напряжения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Потери предварительного напряжения

Номер	Вид потерь	Зависимость	Значение, тра
1	Потери деформации анкера	$\Delta\sigma_{sp4} = \frac{\Delta l}{l} E_s$	130
2	Потери усадки бетона	$\Delta\sigma_{sp5} = \varepsilon_{b,sh} E_s$	58,5
3	Потери ползучести бетона	П.9.1.1 СП63.13330 [1]	19,6
4	Потери релаксации арматуры	$\Delta\sigma_{sp1} = r_{1000} * f_r * \sigma_{sp}$	49,5
Потери		$\Delta\sigma_{sp}$	257,6

Величина предварительного напряжения с учетом потерь составляет 1162,4 мПа.

Моделирование КЭ объекта

Железобетонная балка смоделирована в программном комплексе ANSYS при помощи КЭ элементов: SOLID65 для бетона (вводимые параметры R_b , R_{bt} , коэф. передачи сдвига при закрытой и открытой трещине 0,6 и 0,35 соответственно), конструктивное армирование и высокопрочная канатная арматура заданы КЭ LINK 180, перемещения конструктивного армирования объединены по всем направлениям, для канатной арматуры только в направлениях Y, X. (Ось Y-вертикальная, Z – горизонтальная вдоль балки, X- горизонтальная поперек балки) с элементами бетонного тела балки. Предварительное напряжение задавалось при помощи теплового воздействия на канат, по краям смоделированы анкеры, передающие напряжения на бетон.

Нагрузка на элемент прикладывалась распределенной по ширине 180 мм, в середине пролета на расстоянии 1 метра от краев.

Нелинейные параметры материалов заданы командными вставками при помощи диаграмм MISO (мультиизотропное упрочнение) для бетона и канатного армирования, для конструктивного армирования MKIN (мультикинематическое упрочнение).

В таблице 3 приведены результаты распределения напряжений в элементах конструкции для основных шагов расчета в середине пролета. В бетоне растягивающие и сжимающие напряжения указаны для крайних волокон. Значения в таблице указаны в Мпа.

Таблица 3. Распределение напряжений

Номер	Шаг	М (момент внешнего усилия), кН*м	σ_{sp}	σ_s (нижнее арм.)	σ_b, σ_{bt}	F, мм
1	Обжатие	-	-1162,4	-34,5	-4,44 1,9	-5,95
2	Момент образование трещин	37,543	1090	23	-16,4 3,1	1,267
3	Предел текучести в конструктивной арматуре	71,441	1460	663	-47,2	26,083
4	Предел прочности	79,195	1600	-	-51,1	35,576

•- за момент разрушения принят шаг №3, эпюры распределения напряжений и модель образования трещин, представлены на рисунке 2.

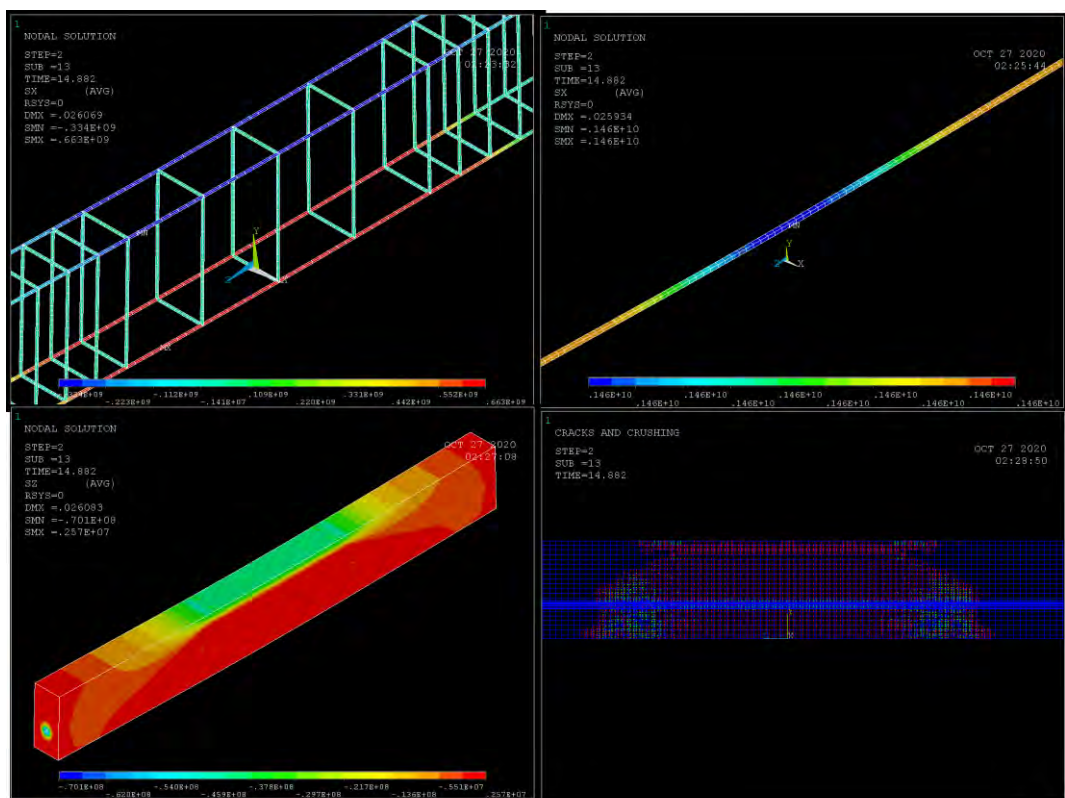


Рис.2. Эпюры распределения напряжений и модель образования трещин

Анализ полученных результатов и выводы

1. Разрушение балки носит пластический характер: начинается с достижения текучести в конструктивной арматуре, сопровождается интенсивным ростом трещин и заканчивается разрушением бетона сжатой зоны. Однако при этом преднапряженные канаты оказываются недоиспользованными.
2. Напряжение в канате в момент разрушения составляет 88% от предела упругости. Это объясняется равномерным распределением напряжений в канате по всей его длине из-за отсутствия сцепления с бетоном.
3. Несущая способность балки (разрушающий момент) на 15%-20% превосходит аналогичный показатель, полученный статическим расчетом по действующим нормам.
4. Канатная арматура, оставаясь в упругой стадии до самого разрушения, продолжает обжимать бетон. Момент предварительного обжатия сохраняется до стадии разрушения. Этим можно объяснить увеличение несущей способности рассматриваемой модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019 год
2. Методическое пособие «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования». – М.: Минстрой, 2017 – 109 с
3. ГОСТ Р 53772-2010 Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные. Технические условия (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2010 год
4. Кузнецов В.С, Шапошникова Ю.А, К определению напряжений в арматуре без сцепления с бетоном в безбалочных перекрытиях.//ПГС 2015.№3. С. 50-53
5. Тур С.А. 2010 Теоретические основы расчета приращений напряжений в напряженной арматуре в постнапряженных элементах со смешанным армированием. Вестник Брестского государственного технического университета строительство и архитектура № 1 С. 134-138

6. Топилин А.Н., Терешина Е.Н., У. Кэо. Современные системы предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций // Бюллетень строительной техники. 2018. №12. С. 50-51
7. Кео Ун, Топилин А.Н. Исторические аспекты применения преднапряженного бетона в мировой и российской строительной индустрии. Интернет-журнал «Транспортные сооружения» 2019, №1 (январь — март), Том 6.
8. Методическое пособие к СП 63.13330.2012 «По проектирование предварительно напряженных железобетонных конструкций». НИИСФ РАССН под руководством Н.Н. Трекина. 2015.
9. Sami K and Williams M 1995 Post-tensioned concrete floors Butterworth-Heinemann Ltd p 312
10. Hussien O F, Elafandy T H K , Abdelrahman A.A, Abdelbake S.A, Nasr E.A 2012 Behavior of bonded prestressed normal and high strength concrete beams HBRC J8 p 251
11. Ansys help. Mechanical APDL, ansyshelp.ansys.com, 2020

ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ, ПРИ ДЕЙСТВИИ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА

И.А. Горбунов¹, В.А. Какуша²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹gorbunov1905@gmail.com

²kakushava@gmail.com

Аннотация

В статье описываются методика и результаты экспериментального исследования деформирования, трещинообразования и разрушения бетонных балок с арматурой композитной полимерной (АКП) при действии изгибающего момента. Испытаны 18 балок (3+3 серии) с арматурой стеклокомпозитной (АСК) и базальтокомпозитной (АБК) диаметрами 6, 10 и 14 мм. При нагружении помимо визуального осуществлялся контроль прогибов в центре балки, деформаций в бетоне и арматуре и времени прохождения ультразвука по 4-м трассам. Для всех балок образование магистральных трещин происходило при нагрузках составляющих 8-20% относительно предельных. Трещинообразование являлось границей перехода к линейному (упругому) деформированию при низкой изгибной жесткости. В сравнении с начальной уменьшение изгибной жесткости более чем в 15 раз отмечалось для балок с арматурой 2-х типов диаметром 6 мм. При проектировании изгибаемых элементов несущих конструкций на статическую нагрузку наличие магистральных трещин и большие прогибы не допускаются. Однако низкая изгибная жесткость при линейном упругом деформировании является положительным фактором при "жестком" нагружении, а также в случае ударного (импульсного) нагружения. Допуская образование трещин в несущих конструкциях возможно предотвратить их обрушение и гибель людей при импульсном нагружении и циклическом режиме "жесткого" нагружения.

ВВЕДЕНИЕ

В многочисленных отечественных и зарубежных публикациях отмечается высокая прочность изгибаемых бетонных элементов, армированных АКП, при заниженной жесткости и трещиностойкости [1-10], [13-16].

В нормативных документах устанавливаются требования и условия проведения испытаний балок с АКП [11],[12]. Требования и правила расчёта и проектирования бетонных элементов с АКП относятся к конструкциям при действии только статической нагрузки. Особенности динамического нагружения изгибаемых бетонных элементов и узлов сопряжения с арматурой АКП отражены в работах [17],[18]. В настоящем исследовании ставилась задача получения информации о жесткости, трещиностойкости, деформациях в арматуре и на бетоне и прочностях балок, армированных АСК и АБК диаметром 6, 10 и 14 мм. Балки с арматурой АСК и АБК были изготовлены из бетона класса по прочности на сжатие В30. Эти данные рассматриваются в качестве исходных для планирования динамических испытаний аналогичных балок, армированных АКП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нагружение балок выполнялось на испытательном стенде, оснащённом реконфигурируемой силовой рамой CFM Chiller, гидравлическими цилиндрами MTS 201.30T и контроллером FlexTest-60.

Для измерения прогибов использовались цифровые индикаторы Micron с ценой деления 0,01 мм.

Процесс трещинообразования фиксировался ультразвуковым прибором Пульсар 1.2 с пьезоэлектрическими преобразователями, работающими на частоте 65 кГц.

Деформации в АКП и на бетоне регистрировались при помощи многоканального измерительного комплекса NI PXIe-1075. На стержни АКП были установлены тензорезисторы с измерительной базой 1 мм, на поверхность бетона устанавливались тензорезисторы с измерительной базой 60 мм и 120 мм.

Схема установки тензорезисторов и ультразвуковых преобразователей приведена на рис. 1.

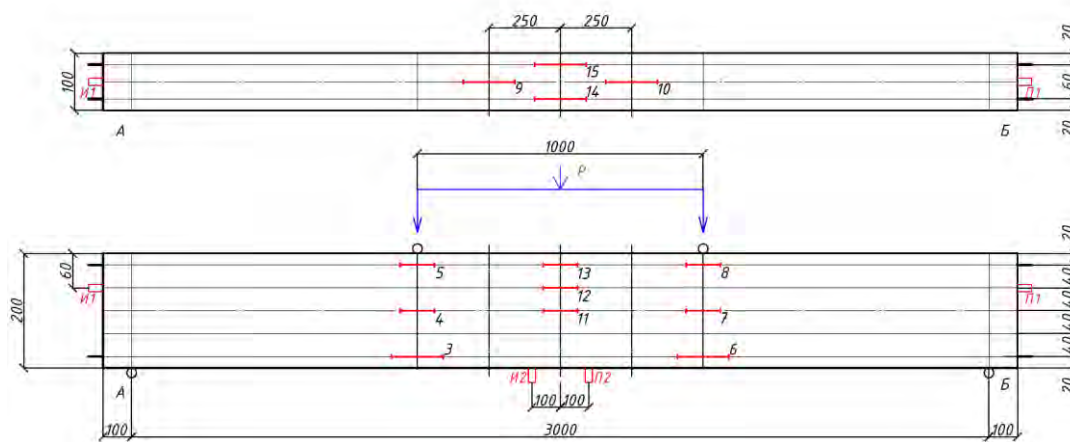


Рис. 1. Схема установки тензорезисторов и УЗК преобразователей

Стандартные образцы для определения характеристик бетона испытывались на машине Instron 1000 HDX.

Процесс трещинообразования также контролировался при помощи микроскопа Бринелля МПБ-2.

Нагружение балок производилось поэтапно:

- до образования трещин – этапами по 1(0,5) кН со скоростью нагружения 1,0 кН/мин и выдержками нагрузки в течение 5 минут на каждом этапе;
- после образования трещин – этапами по 2-4,0 кН со скоростью нагружения 6,0 кН/мин и выдержками нагрузки по 5 минут на каждом из этапов.

В процессе выдержки регистрировались показания: нагрузка и перемещение гидроцилиндра, прогиб балки, деформации по тензорезисторам, показания УЗК прибора; проводились визуальный контроль и запись процесса трещинообразования. Две пары ультразвуковых преобразователей позволяли контролировать образование и развитие трещин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 2 показана сеть трещин, сформировавшихся на соответствующих этапах нагружения. Кинетика трещинообразования оценивалась по данным ультразвукового контроля.

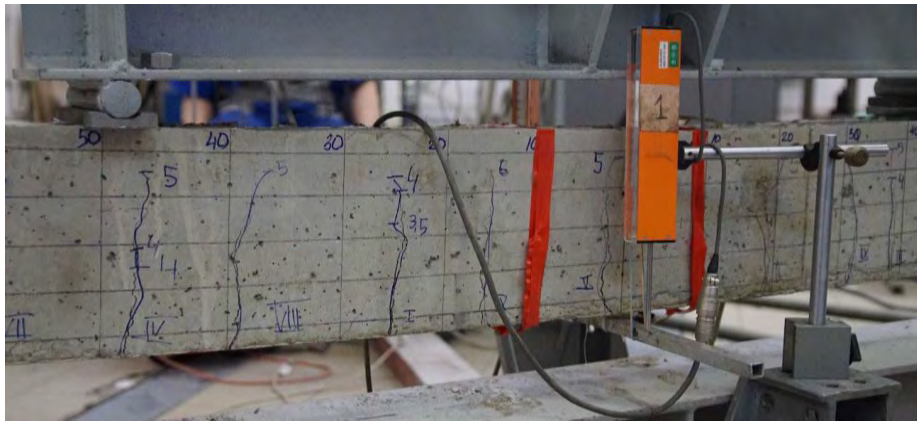


Рис. 2. Трещинообразование в балке с АБК при нагрузке $P = 0,2 \cdot P_{разр}$

Прозвучивание проводилось по двум продольным и двум симметричным наклонным трассам. Интегральная информация о трещинообразовании в различных зонах балок получена по данным зависимости времени прохождения ультразвукового импульса от нагрузки. Приращение времени прохождения ультразвукового импульса представлено на примере ультразвукового контроля балки АСК Ø6 мм (см. рис. 3.). По всем трассам прозвучивания установлено, что интенсивность развития образовавшихся магистральных трещин снижается при увеличении нагрузки.

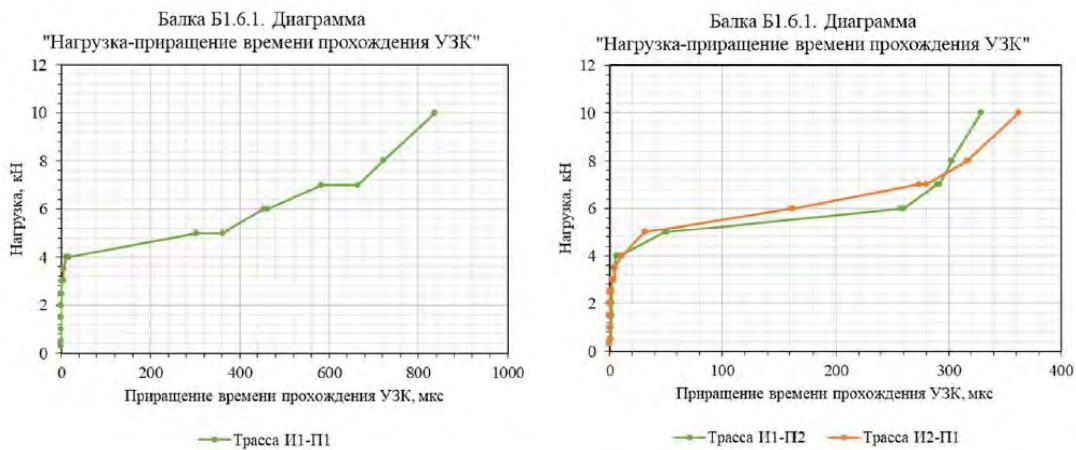


Рис. 3. Диаграмма «Нагрузка-приращение времени прохождения УЗК» для балки с АСК Ø6 мм Б1.6.1.

На рис. 4 представлены диаграммы деформирования арматуры и бетона в зоне сжатия для балки Б1.6.1.

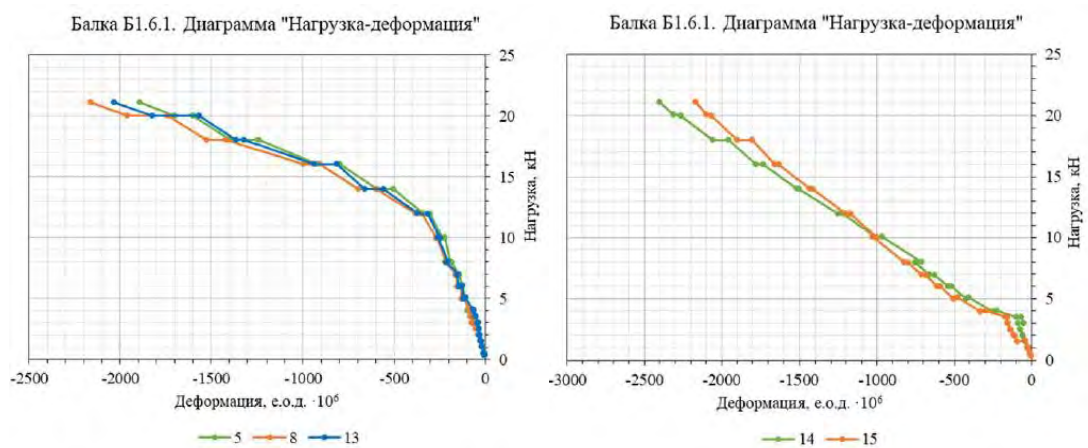


Рис. 4. Диаграмма «Нагрузка-деформация» для сжатой зоны бетона и сжатой арматуры балки с АСК Ø6 мм Б1.6.1

Характер зависимости деформаций от нагрузки типичен для всех балок АСК и АБК. Прослеживаются 3 стадии деформирования: 1 – совместная работа арматуры и бетона в растянутой зоне; 2 – скачкообразное отслоение растянутой арматуры от бетона, которое наиболее четко проявляется для балок с арматурой диаметром 6 мм; 3 – упругое линейное деформирование арматуры и бетона на поверхности и нелинейное в сжатой зоне на глубине 2,5 см от верхней грани. В сравнении с балками с арматурой АБК в балках с АСК отмечается более раннее начало трещинообразования и плавный переход к линейному деформированию с низкой изгибной жесткостью.

Начальная изгибная жесткость при упругом деформировании до образования трещин (см. рис. 5) определялась в соответствии с расчётной схемой чистого изгиба:

$$(EJ)_n = \frac{23 \cdot Pl^3}{1296 \cdot f_n},$$

где P и f_n – нагрузка и прогиб соответственно на линейном участке деформирования до образования трещин.

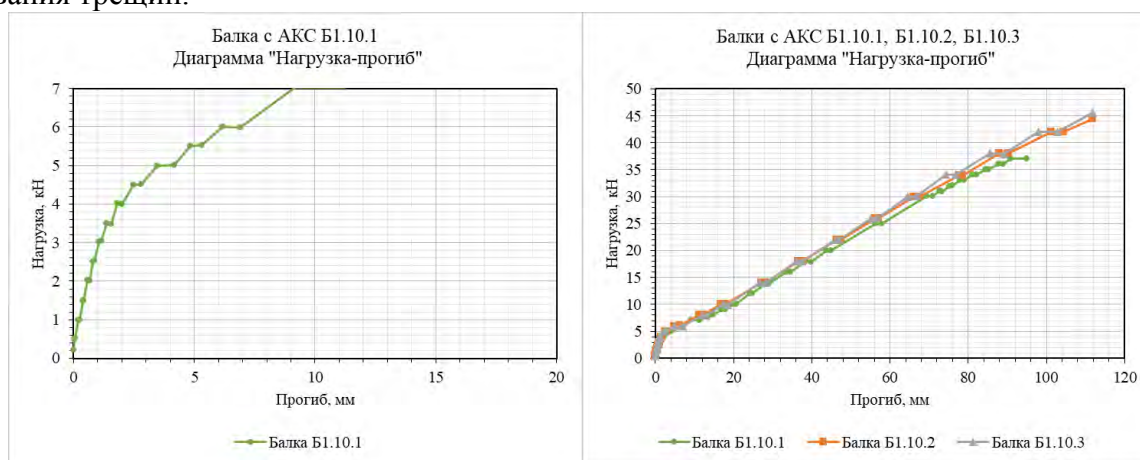


Рис. 5. Диаграмма «Нагрузка-Прогиб» для балок с АСК Ø10 мм

Относительное уменьшение изгибной жесткости и её абсолютное значение B на линейном участке деформирования после образования магистральных трещин находились из соотношения прогибов на 1 кН усилия. В таблице 1 представлены значения абсолютной и относительной жесткости до и после образования магистральных трещин.

Таблица 1. Изгибная жесткость балок до и после появления магистральных трещин

Балки с арматурой	Диаметр арматуры, мм	Модуль упругости арматуры при растяжении E_a , МПа	Начальная жесткость $(EJ)_n \cdot 10^{-4}$, кН*см ²	Жесткость после образования трещин B , кН*см ²	Относительное уменьшение жесткости
АСК	6	63453,43	1419,0	69,9	20,9
	10	59106,12	1273,1	174,4	7,3
	14	52619,05	1338,9	304,3	4,4
АБК	6	58827,02	1167,1	71,6	16,3
	10	57541,68	1274,3	187,4	6,8
	14	59299,86	1374,7	327,3	4,2

Граница упругого деформирования, после которой происходило нарушение защитного слоя первыми трещинами определялась по первому отклонению линейной зависимости прогибов от нагрузки. Начало линейного участка зависимости "Нагрузка-Перемещение" на втором этапе нагружения, составляющего 80-90% от прочностного ресурса свидетельствовало об образовании магистральных трещин и прохождении их через арматуру.

ВЫВОДЫ

1. Получены значения изгибной жесткости после образования трещин для 2-х типов АКП при 3-х диаметрах арматуры, позволяющие провести расчеты на динамическую нагрузку аналогичных балок и составить программу испытаний.

2. Установлено, что значительное уменьшение изгибной жесткости балок (более чем в 15 раз) после образования магистральных трещин характерно для армирования АКП диаметром 6 мм и разрушение балок по арматуре.

3. Отмечается незначительное (до 7,5%) превышение изгибной жесткости балок с АБК в сравнении с армированием АСК на стадии деформирования с трещинами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антаков, А.Б. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой / А.Б. Антаков, И.А. Антаков // Известия КГАСУ. – 2014. – № 3 (29). – С. 7–13.
2. Гиздатуллин, А.Р. Особенности испытаний и характер разрушения полимеркомпозитной арматуры / А.Р. Гиздатуллин, В.Г. Хозин, А.Н. Куклин, А.М. Хуснутдинов // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 3. – С. 40–47.
3. Забегаев, А.В. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при аварийных ударных нагрузениях [текст] : автореф. дис. ... д-ра тех. наук : 05.23.01 / Забегаев Александр Владимирович. – М. : МИСИ. 1992. – 36 с.
4. Конструкции с композитной неметаллической арматурой. Обзор и анализ зарубежных и отечественных нормативных документов : научно-технический отчет [электронный ресурс] / Кузеванов Д.В. – 2012. – Режим доступа: <http://www.nizhb2.ru/Article/nka2012.pdf>, свободный.
5. Никула, И. Экспериментальные исследования в области применения неметаллической арматуры для бетона [текст] : дис. ... канд. тех. наук / Никула Иоргу. – М., 1959.
6. Окольникова Г.Э. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве / Г.Э. Окольникова, С.В. Герасимов // Экология и строительство. – 2015. – № 3. – С. 14–21.
7. Плевков, В.С. Прочность и деформативность арматуры композитной полимерной при статическом и кратковременном динамическом растяжении и сжатии / В.С. Плевков, И.В. Балдин, К.Л. Кудяков, А.В. Невский // Вестник ТГАСУ – Томск: изд-во ТГАСУ. – 2016. – №5 (58) – С. 91–101.
8. Римшин, В.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой / В.И. Римшин, С.И. Меркулов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 5. – С. 38–42.
9. Староверов, В.Д. Композитная арматура: проблемы применения / В.Д. Староверов, Р.В. Бароев, А.А. Цурупа, А.К. Кришталевиц // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3 (50). – С. 171–178.
10. Хишмах, М. Прочность и деформативность изгибаемых элементов из тяжёлого бетона, армированных стеклопластиковой и стальной арматурой / М. Хишмах, Д.Р. Маилян, П.П. Польской, А.М. Блягоз // Новые технологии. – 2012. – № 4. – С. 147–152.
11. ГОСТ 3492-2013. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик. – М.: Стандартинформ, 2014. – 14 с.
12. СП 295.1325800.2017 Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. – М.: Минстрой, 2017. – 55 с.
13. Goldston, M. Experimental investigation of the behavior of concrete beams reinforced with GFRP bars under static and impact loading / M. Goldston, A. Remennikov, M.N. Sheikh // Engineering Structures. – 2016. – Vol. 113. – Pp. 220–232.
14. Lapko, A. Experimental and theoretical analysis of deflections of concrete beams reinforced with basalt rebar [электронный ресурс] / A. Lapko, M. Urbański // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2014. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2014.03.008>, свободный.
15. Li, V.C. Flexural behaviors of glass fiber-reinforced polymer (GFRP) reinforced engineered cementitious composite beams / V.C. Li, S. Wang // ACI Materials Journal. – 2002. – Vol. 99(1). – Pp. 11–21.
16. Qu, W. Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars / W. Qu, X. Zhang, H. Huang // ASCE Journal of Composites for Construction. – 2009. – Vol. 13(5). – Pp. 350–359.
17. Sun Z.Y., Wu G. Experimental study on concrete columns reinforced by hybrid steel-fiber reinforced polymer (FRP) bars under horizontal cyclic loading / Z.Y. Sun, G. Wu, J. Zhang, Y. Zeng, W.Xiao // Construction and building Materials. – 2017. – Vol. 130. – Pp. 202 – 211.
18. Ghomi S., El-Salakawy E. Effect of joint shear stress on seismic behaviour of interior GFRP-RC beam column joints / Ghomi S., El-Salakawy // Engineering Structures. – 2019. – Vol. 191. – Pp. 583-597.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПЫЛЕ-ВЕТРОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И.В. Дуничкин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ecse@bk.ru

Аннотация

Исследование относится к вопросам физики внешней среды и ограждающих конструкций зданий и состоит в оценке и моделировании параметров движения воздушных масс вокруг зданий с учетом данных о концентрации загрязнения воздуха и запыленности. Представлена методика разработки и размещения пыле-ветрозащитных конструкций для пешеходных пространств вблизи зданий и для открытых помещений зданий (балконы, лоджии, террасы, эксплуатируемые крыши), с учетом комфортности и влияния на окружающую среду и ограждающие конструкции зданий. Рассмотрены варианты размещения пыле-ветрозащитных конструкций в системе ограждающих конструкций зданий.

Предмет исследования: Физика среды ограждающих конструкций зданий. Изменения климатических воздействий на здания. Мероприятия по защите от загрязнения воздушной среды и запыленности. Загрязнение и запыленность воздушной среды вокруг зданий.

Объект исследования: Пыле-ветрозащитные конструкции и ограждающие конструкции зданий. Планировочная организация пешеходных пространств вблизи зданий и мест пребывания человека в открытых помещениях зданий.

Теоретическая значимость: Результаты исследования помогут повысить эффективность эксплуатации и качество проектирования пыле-ветрозащитных конструкций, ограждающих конструкций, пешеходных пространств вблизи зданий, открытых помещений зданий и помогут улучшить защиту людей от воздушного загрязнения и запыленности.

Практическая значимость: Позволит организациям и отдельным специалистам в сборе необходимой информации для устойчивого проектирования пыле-ветрозащитных конструкций и ограждающих конструкций.

На основе определения допустимых значений уровня загрязнения и запыленности и наиболее удачных реализованных проектов выделены практические предложения для проектных мероприятий. Выявлены параметры комфортности и безопасности среды вблизи зданий; Собрана информация о существующих методах расчета и моделирования параметров воздушной среды. Проанализирована взаимосвязь загрязнений воздушной среды с загазованностью и запыленностью.

ВВЕДЕНИЕ

Качество жизни, как отдельного человека, так и всего населения зависит от его среды обитания. Экологическое состояние, природно-климатические явления, эстетические качества, безопасность, всё это формирует качества среды обитания, [1]. «Человек-среда обитания» - это система, которая формируется жилищем человека, в которую может входить дом, квартира, окружающая территория и т.д. Их сочетание в пределах одной жилой группы или квартала сложно и может сильно отличаться, в зависимости от масштаба, размера и типа зданий. Планировочный каркас соединяют эти образования с более крупными системами. В качестве параметров для оценки комфортности и надёжности зданий используют его инженерные и архитектурные планировочные особенности, но самое важное с точки зрения безопасности жизнедеятельности – экологическая безопасность, [2].

Актуальность темы исследования заключается в том, чтобы обеспечить доступную рекомендательную базу для организаций, занимающихся проектированием жилых районов, микрорайонов (кварталов), с понятным изложением необходимых параметров защитных режимов, при соблюдении которых, соблюдается оптимальное использование природных

ресурсов. Повысить качество жизни населения за счёт планировочных приёмов и правильно подобранных элементов фасада, [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы касающиеся определения и оценки допустимых значений уровня загрязнения (предельно допустимые концентрации вредных веществ – ПДК ВВ) позволяют рассмотреть пространство на предмет потенциально опасных концентраций вредных веществ вблизи фасадов, крыш и открытых помещений зданий во взаимосвязи с ветровым воздействием и параметрами биоклиматического комфорта, [4]. Дальнейшее развитие интерпретации исходных данных и применения методов оценки ПДК ВВ позволят прогнозировать загрязнения почвенных конструкций вблизи зданий и их влияние на загрязнения воздушной среды застройки как источника вторичного загрязнения, зависящая от параметров воздушной среды, [5]. В исследовании применен метод ПДК ВВ с учетом проблем методов расчёта уровня загрязнения воздуха, [6].

Примерный сценарий изменения параметров ветрозащитных конструкций под действием ветра выглядит следующим образом, [7]:

- Ветер создает волны и воздействует на концентрацию и объем вредных веществ в воздухе;
- Пространство с превышением ПДК ВВ распределяется в зависимости от формы ветрозащитных конструкций и других аэродинамических характеристик здания (собственные частоты конструкции, коэффициенты обтекания).
- Форма ветрозащитных конструкций формирует ветровую тень и зоны турбулентности в пространстве меняя распределение концентрации вредных веществ;
- Ветрозащитные конструкции изменяет форму зоны повышенных скоростей ветра и резонансных параметров пульсации ветрового потока.

Параметры конструкций меняются из-за различных климатических условий и ставят вопрос об учете ветровых нагрузок, климатическом комфорте и безопасности людей на открытых помещениях здания, а также теплофизике ограждающих конструкций. Важно учитывать частотные характеристики воздушного потока и частоты конструкции, а также влияние формы ветрозащитной конструкции, [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен сравнительный анализ схем пыли и ветрозащитных ограждений антропогенного типа. Как отмечалось выше, важным элементом ветрового режима здания являются ветрозащитные конструкции (воздухопроницаемая балюстрада или сплошной защитный экран). Высота зданий 35-48 м над уровнем земли. Расчетные скорости ветра 10-35 м/с на уровне крыши. 35 м/с - это характерное значение, возникающее 1 за 50 лет, и его следует умножить на соответствующий коэффициент безопасности, зависящий от местных строительных норм, данных мониторинга площадки и других допущений инфраструктуры. Типичные международные коэффициенты безопасности составляют от 1,35 до 1,5. Чтобы обеспечить надежную конструкцию, требуется соответствующий запас прочности на случай катастрофического воздействия, [10]. Уровни турбулентности составляют от 7% до 15%.

Постоянная турбулентность на высоте менее 2 метров от плоской крыши предполагает, что воздушный поток не разделяется. Этот тип проблемы нестабильности потока может быть лучше решен путем изменения передней кромки крыши. Карнизная конструкция ветрозащитных конструкций имеет высоту 2 метра. Компьютерное моделирование воздействия ветра на ветрозащитную конструкцию демонстрирует поля скоростей в сечениях вдоль плоской крыши или террасы, [10]:

Корпус без ветрозащитных экранов имеет высотную скорость потока над крышей, рис. 1.



Рис. 1. Поле скоростей ветра в разрезе здания с балюстрадой на крыше.

Корпус с вертикальным сплошным ограждением имеет большую зону с пульсацией воздушного потока на крыше и зону с комфортными условиями, рис. 2.

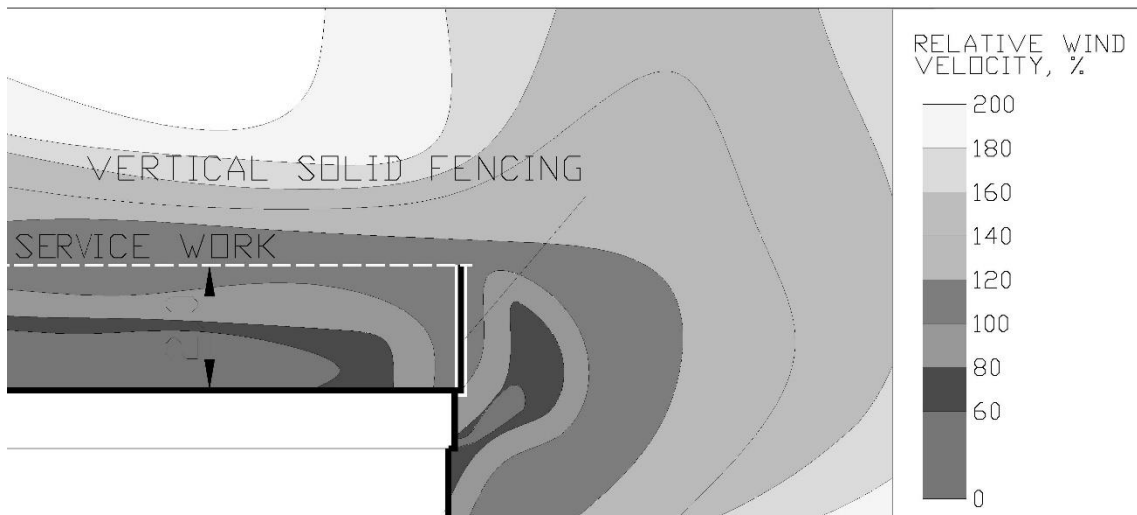


Рис. 2. Поле скоростей ветра в разрезе здания с вертикальным сплошным ограждением на крыше.

ВЫВОДЫ

Анализ условий на крыше здания позволяет выявить пространства с экстремальными нагрузками, воздействия и потенциальные пространства превышения ПДК ВВ, где относительная скорость воздушных потоков снижается менее 60 %. Обоснована важность изучения ветрозащитных конструкций в виде ограждений, которые могут выполнять также роль второго фасада или отделки фасада. Анализ результатов численного моделирования ветровых потоков вблизи ветрозащитных конструкций показал оптимальные характеристики проектных решений по их размещению на краю крыши. Оценка случаев строительства ветрозащитных конструкций со сплошным экраном позволила выявить сокращения площади с потенциальным превышением ПДК ВВ. Здание со сплошным ограждением на краю крыши (рис. 2) имеют наилучшие параметры. Составлены рекомендации для проектирования ограждений, которые улучшают качество пространств вокруг здания, [11].

На основе сравнительного анализа потенциальных пространств превышения ПДК ВВ, а также наиболее удачных реализованных проектов могут быть выделены практические предложения для проектирования и регулирования климата вблизи зданий, [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Korol, O., Shushunova, N., Lopatkin, D., Zanin, A., Shushunova, T. Application of high-tech solutions in ecodevelopment //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 251. – С. 06002.
2. Signorelli V., Leduc T., Toure V. Ego-city. Automatic textual description of urban ambiances' factors //Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. – International Network Ambiances; University of Thessaly, 2016. – Т. 3. – С. 541-545.
3. Vigier, T., Siret, D., Moreau, G., Lescop, L. Vigier T. et al. Sensitive suggestion and perception of climatic effects in virtual urban environments //Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception. – 2013. – С. 139-139.
4. Tarasenko, I. A., Zin'kov, A. V., Kholodov, A. S., Riaz, M., Petukhov, V. I., Popov, N. Y., Golokhvast, K. S. Concentrating Mill Wastes are the Source of Pollution of Human Environment and Natural Ecosystems with Heavy Metals: A Case Study in Primorsky Krai, Russian Federation //Journal of Chemistry. – 2020. – Т. 2020.
5. Gousseau, P., Blocken, B., Stathopoulos, T., Van Heijst, G. J. F. (2011). CFD simulation of near-field pollutant dispersion on a high-resolution grid: a case study by LES and RANS for a building group in downtown Montreal //Atmospheric Environment. – 2011. – Т. 45. – №. 2. – С. 428-438.
6. Blocken, B., Stathopoulos, T., Saathoff, P., Wang, X. (2008). Numerical evaluation of pollutant dispersion in the built environment: comparisons between models and experiments //Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2008. – Т. 96. – №. 10-11. – С. 1817-1831.
7. Kholodov, A., & Golokhvast, K. Air Pollution of Nature Reserves near Cities in Russia //Scientifica. – 2020. – Т. 2020.
8. Dunichkin, I. V., Poddaeva, O. I., Golokhvast, K.S.. Studies and evaluation of bioclimatic comfort of residential areas for improving the quality of environment //Building Simulation. – Tsinghua University Press, 2019. – Т. 12. – №. 2. – С. 177-182.
9. Блайл Де Соуза К., Файзуллаев Ф. Ф., Дуничкин И. В. Влияние планировочных решений на локальный климат жилой застройки Краснодарского края и Приморского края //Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – №. 8 (131).
10. Dunichkin I. V. The analysis of air flows near the windbreak constructions //Advanced Materials and Structural Engineering: Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Engineering Structural Technology (ICAMEST 2015), April 25-26, 2015, Qingdao, China. – CRC Press, 2016. – С. 305.
11. Dunichkin, I. V., Bleil de Souza, C. An Integrated Solution to Urban and Sea Waste Management Systems: Using Axiomatic Design to Discuss Urban Development Risks. E&ES, 2020. – С. 459(6), 062084.
12. Requena-Ruiz, I., Drozd, C., Leduc, T., Rodler, A., Servières, M., Siret, D. A Review on interdisciplinary methods for the characterization of thermal perception in public spaces //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – Т. 1343. – №. 1. – С. 012007.

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОДНОСЛОЙНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А.В. Захаров¹, И.П. Салтыков²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹zakharov.arkady@yandex.ru

²saltykovip_mgsu@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается подход к расчёту звукоизоляции строительных перегородок с использованием метода сосредоточенных параметров для стандартного частотного диапазона, указанного в нормативных документах. Вводятся понятия «приведённой» и «сосредоточенной» масс для объектов, являющихся проводниками звука. Отмечается, что физическая модель звукоизоляции в трёх условно выделяемых частотных диапазонах стандартного спектра имеет отличия. Приводятся расчётные уравнения звукоизоляции для трёх частотных диапазонов. На первом частотном диапазоне, для получения формулы расчёта, используется система уравнений, состоящая из уравнений сохранения количества движения и сохранения кинетической энергии: волновое воздействие воздуха на строительную перегородку представляется приведённой массой, а пластина характеризуется сосредоточенной массой. На втором условном участке стандартного диапазона прилегающий с двух сторон воздух и строительная перегородка являются приведёнными массами, что учитывается при записи уравнений сохранения импульса и кинетической энергии. Описывается влияние демпфирующего действия воздуха и резонансных явлений в пластине на итоговую величину звукоизоляции. Рассматривается природа распространения звука в третьем частотном диапазоне, в котором, в отличие от первых двух участков частотного спектра, где, в основном, в пластине фиксируется распространение изгибных волн, преобладающее влияние на уровень звукоизоляции имеют сдвиговые и продольные колебания. Даются примеры графиков для лёгкой и массивной перегородок, полученные с использованием рассматриваемого метода. Представлен общий алгоритм расчёта звукоизоляции во всём стандартном частотном диапазоне.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы строительной акустики играют традиционно важную роль в выборе проектных решений по ограждающим конструкциям. В основном, в качестве звукоизоляционных преград от воздушного шума, внутри гражданских зданий, выступают однослойные массивные и лёгкие строительные перегородки, а также междуэтажные перекрытия. Практические методы расчёта звукоизоляционных параметров ограждающих конструкций в настоящее время хорошо известны и активно применяются. В их основе лежит теория звукоизоляции строительных конструкций, окончательно сформировавшаяся к семидесятым годам XX столетия на основе трудов Кремера Л., Заборова В.И., Клюкина И.Н. Согласно этой теории, звукоизоляция строительных перегородок рассматривается в частотном диапазоне от 100 до 3200 Гц, при этом на кривой частотного спектра выделяется три частотных диапазона: до, так называемой, «частоты волнового совпадения», после частоты волнового совпадения и горизонтальный участок с ординатой выше 65 дБ. Звукоизоляция однослойной строительной преграды определяется, в первую очередь, поверхностной плотностью строительной перегородки, её график растёт по известному выражению «закона масс». Несмотря на то, что практический метод построения частотной кривой отработан и приведён в Российских строительных нормативных документах, во многом, его отдельные технические вычислительные моменты базируются на данных многократных натуральных измерений, а не на строгой научной теории, которая до сих пор нуждается в определённых

научных дополнениях и уточнениях. По этой причине, в настоящее время, существует множество альтернативных методов расчёта звукоизоляции однослойных акустических преград, и в частности, рассматриваемый в данной статье, метод, основанный на расчётных физических моделях с сосредоточенными параметрами. Идея данного метода состоит в представлении процесса прохождения звуковой энергии через строительную перегородку, как процесса взаимодействия фрагментов воздушной среды с «сосредоточенной массой» строительной преграды по аналогии с законами сохранения количества движения и кинетической энергии в механике. Проведённые к настоящему времени исследования и сравнения результатов расчета с натурными измерениями позволили уточнить отдельные аспекты физической модели звукоизоляции с использованием сосредоточенных параметров: влияние демпфирующего действия воздуха, в случае лёгких ограждений, учёт резонансных явлений в пластине, возникновение продольных и сдвиговых волн на третьем участке стандартного спектра. Теоретические объяснения и разработанные методы вычисления для этих явлений позволили создать общий алгоритм расчёта звукоизоляции воздушного шума для однослойных лёгких и массивных перегородок на всём участке стандартного частотного спектра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

К настоящему времени, авторами данной статьи проведено достаточно большое количество исследований звукоизоляции на основе физической модели с сосредоточенными параметрами. В работах [1, 2] рассматриваются вопросы зависимости величины звукоизоляции от угла падения акустических волн на поверхность ограждения на основе условия неразрывности передачи колебательной энергии на границе двух сред. В работах [3, 4] рассматриваются теоретические предпосылки для расчёта звукоизоляции лёгких перегородок (с поверхностной плотностью до 100 кг/м²). В статье [5] описывается физическая модель звукоизоляции для третьего условного частотного диапазона для случая массивных ограждений. Статья [6] посвящена сравнению результатов на основе традиционной теории звукоизоляции [7-10], ставшей основой для методики СП [11], и теории на основе применения физической модели с сосредоточенными параметрами. Накопленный расчётно-аналитический материал позволяют получить чёткий алгоритм расчёта, учитывающий специфику акустических явлений в каждом из условно выделенных трёх частотных диапазонов стандартного частотного спектра для массивных перегородок, рис. 1, и для лёгких строительных ограждений, рис. 2.

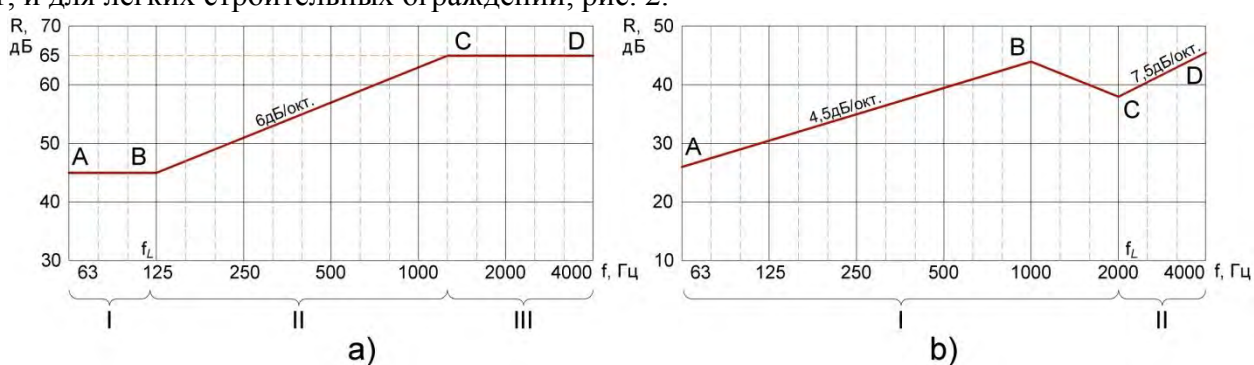


Рис. 1. Стандартный спектр частот, рассматриваемый в строительной акустике, со стандартным видом расчётной кривой: а - для массивных перегородок, б - для лёгких перегородок.

В отличие от методики СП, каждый шаг представленного ниже алгоритма имеет теоретическое обоснование и обладает определённой универсальностью с точки зрения расчёта звукоизоляции лёгких и массивных строительных перегородок.

В работах [1, 12] показано, что для нахождения уровня звукоизоляции на условном первом частотном диапазоне используется система уравнений на основе применения законов

сохранения количества движения и сохранения импульса (1) и (2). На основе их решения получается уравнение для коэффициента звукопроводности, или в рамках метода сосредоточенных параметров, коэффициента прохождения колебательной скорости, α , (3), модель прохождения звука через однослойную перегородку [6, 12] в частотном диапазоне до частоты волнового совпадения f_L будет представлять собой одновременный упругий удар приведённой массы среды μ_a (воздуха) перед пластиной по сосредоточенной массе пластины m и приведенной массе среды μ_a за пластиной. То есть, пластина в этом диапазоне рассматривается как несжимаемый объект, практически без упругих свойств, а после частоты волнового совпадения, во втором частотном диапазоне, она будет, являясь более акустически прозрачной, представлять собой упругую среду распространения звуковых волн.

$$\mu_a \cdot v = \mu_a \cdot v \cdot \beta + (\mu_a + m) \cdot v \cdot \alpha; \quad (1)$$

$$\frac{\mu_a \cdot v^2}{2} = \frac{\mu_a \cdot (\beta v)^2}{2} + \frac{(\mu_a + m) \cdot (\alpha v)^2}{2}; \quad (2)$$

где m - поверхностная плотность пластины или перегородки, кг/м²; μ_a - приведённая масса рассматриваемого объёма воздуха, кг, вычисляемая по формуле (10); v - единичная колебательная скорость, м/с; α - коэффициент прохождения колебательной скорости, (3); β - коэффициент отражения колебательной скорости.

$$\alpha = \frac{2\mu_a}{2\mu_a + m} \quad (3)$$

$$\mu_a = \frac{\rho_0 \cdot \lambda_a \cdot a_a \cdot b_a}{2\pi}, \text{ кг}; \quad (4)$$

где λ_a - длина волны в воздухе на рассматриваемой частоте, м; a_a - толщина фрагмента воздушной среды (луча), м, взаимодействующего с фрагментом пластины, в данном случае, принимается равной 1 и может не учитываться; b_a - ширина фрагмента воздушной среды, м, также принимается равной 1 и может не учитываться.

В итоге, согласно работам [6, 12] получается уравнение для линии графика звукоизоляции до частоты волнового совпадения с уклоном 6 дБ на октаву, (5).

$$R_{M.A.L.1} = 10 \lg \left(1 + \frac{m}{2\mu_a} \right)^2 = 10 \lg \left(1 + \frac{\pi m}{\rho_0 \lambda_0} \right)^2 = 10 \lg \left(1 + \frac{\pi m f}{\rho_0 c_0} \right)^2, \text{ дБ}; \quad (5)$$

где f - текущая частота, Гц; ρ_0 - плотность воздуха, кг/м³; λ_0 - длина продольной звуковой волны в воздухе, м; c_0 - скорость звука в воздухе, м/с.

Такой наклон, в целом, экспериментально подтверждается для конструкций массивных перегородок, но, в случае тонких перегородок, наклон кривой становится более пологим, приблизительно в 4,5 дБ на октаву. В работах [3, 4] даётся объяснение данному явлению: на низких частотах, в случае с тонкими перегородками, возникает эффект демпфирования колебаний тонкой перегородки за счёт массы прилегающего к ней с двух сторон воздуха. Математически это выражается в виде поправки к формуле (5) через применение уравнения (6), полученного в работах [4, 6] на основе применения законов сохранения импульса и кинетической энергии.

$$\Delta R_{a1} = 10 \lg(\alpha_1^2) = 10 \lg \left(\frac{m}{2\mu_a + m} \right)^2, f < f_L, \text{ дБ}. \quad (6)$$

где α_1 - коэффициент прохождения колебательной скорости из пластины в прилегающий с двух сторон воздух; f_L - частота волнового совпадения, Гц.

Наибольшее влияние прилегающего воздуха на снижение колебательного движения в тонкостенных перегородках фиксируется на низких частотах. Многочисленные натурные измерения показали, что кроме массы прилегающего с двух сторон к перегородке воздуха, на

звукоизоляцию по формуле (4) влияют волновые резонансы в однородной тонкой пластине, возникающие благодаря взаимному наложению бегущих по пластине волн с отражёнными волнами от торцов её закрепления. Резонансы на частотном графике возникают всякий раз, когда по рассматриваемому размеру пластины укладывается целое число полуволн [1, 3]. При закреплении испытываемой тонкой перегородки в плоскости массивной стены, ориентировочно величину поправки на волновые резонансы в пластине можно вычислить по формуле (7):

$$\Delta R_{res.} = -20 \lg \frac{1}{1-\beta_1}, \text{ дБ}; \quad (7)$$

где $\beta_1=\beta_2$ - коэффициенты отражения колебательной скорости от двух противоположных концов рассматриваемого ограждения при линейной постановке задачи, находятся по формуле (8).

$$\beta_1 = \frac{\mu_{pl.} - \mu_w.}{\mu_{pl.} + \mu_w.}; \quad (8)$$

где $\mu_{pl.}$ - приведённая масса пластины, кг, определяется по формуле (12); $\mu_w.$ - приведённая масса пластины, кг, определяется аналогично, по формуле (12).

Для первого частотного диапазона в общем виде (и для лёгких, и для массивных перегородок) итоговая формула будет иметь вид

$$R_{tot.1} = R_{M.A.L.1} - \Delta R_{res.} + \Delta R_{a1}; f < f_{cp}, \text{ дБ}; \quad (9)$$

где ΔR_{a1} используется только при вычислении звукоизоляции тонких перегородок.

Во втором частотном диапазоне, в соответствии с методом сосредоточенных параметров, пластина (строительная перегородка не является несжимаемым, твёрдым объектом, представляющим собой сосредоточенную массу. В уравнениях закона сохранения количества движения и кинетической энергии она будет представлена приведённой массой, $\mu_{pl.}$ Физическая модель звукоизоляции, в диапазоне выше f_L будет выглядеть как одновременный упругий удар приведенной массы среды μ_a перед пластиной по приведенной массе пластины μ_{pl} и приведенной массе среды μ_a за пластиной. Из аналогично записанных уравнений (1) и (2) с заменой m на μ_{pl} , получается формула для коэффициента прохождения колебательной скорости (10) и формула звукоизоляции на втором диапазоне (11):

$$\alpha = \frac{2\mu}{2\mu_a + \mu_{pl}} \quad (10)$$

$$R_{M.A.L.2} = 10 \lg \frac{1}{\alpha^2} = 10 \lg \left(1 + \frac{\mu_{pl.}}{2\mu_a} \right)^2 = 10 \lg \left(1 + \frac{f m}{2\rho_0 c_0} \right)^2, \text{ дБ}; \quad (11)$$

где $\mu_{pl.}$ - приведённая масса пластины, кг, по формуле (12); μ_a - приведённая масса фрагмента воздушной среды, кг, определяемая после частоты волнового совпадения, по формуле (4), при $a_a=1$ м и $b_a=\lambda_{pl.fl.}$ м.

$$\mu_{pl.} = \frac{\rho_{pl.} \cdot \lambda_{pl.fl.} \cdot b_{pl.}}{2\pi}, \text{ кг}; \quad (12)$$

где $\lambda_{pl.fl.}$, длина изгибной волны в пластине, м; $\rho_{pl.}$ - плотность материала пластины, кг/м³; b_a - ширина фрагмента пластины, м, принимается равной 1; $h_{pl.}$ - толщина пластины, м.

Аналогичным образом находится поправка на демпфирующее действие воздуха для лёгких ограждений для второго частотного диапазона [4, 6], формула (13):

$$\Delta R_{a2} = 10 \lg(\alpha_2^2) = 10 \lg \left(\frac{\mu_{pl.}}{2\mu_a + \mu_{pl.}} \right)^2, f > f_L, \text{ дБ} \quad (13)$$

Поправка на действие волновых резонансов находится по формуле (8) с предварительным нахождением коэффициентов отражения колебательных скоростей изгибных волн β для закреплённой перегородки на частотах второго диапазона.

$$R_{tot.2} = R_{M.A.L.2} - \Delta R_{res.} + \Delta R_{a2}; f > f_{cp}, \text{ дБ}; \quad (14)$$

где ΔR_{a2} используются только при вычислении звукоизоляции тонких перегородок. Третий диапазон звукоизоляции начинается с частот, на которых прекращают существование изгибные волны и начинают проявляться сдвиговые волны. Эти же частоты близки к граничным частотам проявления продольных волн, распространяющихся вдоль толщины пластины. Продольные и сдвиговые волны, в отличие от изгибных волн, обладают постоянными значениями скоростей, независимыми от частоты колебаний. Поэтому отрезок третьего частотного диапазона на спектрограмме звукоизоляции горизонтален. Преобладающее влияние на звукоизоляцию на данном участке спектра будет оказывать либо один, либо другой вид волн.

Согласно метода сосредоточенных параметров, тела становятся средой распространения для волн различных типов начиная с частоты $f_{ult.}$, которая определяется по формуле (15):

$$f_{ult.} = \frac{c}{2\pi L}, \text{ Гц} \quad (15)$$

где L - размер тела, вдоль которого распространяется волна, м; c - скорость распространения в теле рассматриваемого вида волн, м/с.

В работе [5] показано, что прохождение звука через границу двух сред может быть представлено как упругое взаимодействие (соударение) приведенных масс, описываемое уравнением сохранения количества движения:

$$\mu_1 \cdot v = \mu_1 \cdot v \cdot \beta + \mu_2 \cdot v \cdot \alpha; \quad (16)$$

и уравнением сохранения кинетической энергии:

$$\frac{\mu_1 \cdot v^2}{2} = \frac{\mu_1 \cdot (\beta v)^2}{2} + \frac{\mu_2 \cdot (\alpha v)^2}{2}, \quad (17)$$

где v - скорость колебаний в падающей волне, м, μ_1 - приведенная масса первой среды, кг/м², μ_2 - приведённая масса второй среды; α и β - соответственно коэффициенты прохождения и отражения колебательной скорости.

Совместное решение уравнений (16) и (17) дает следующее выражение коэффициента прохождения для продольных волн:

$$\alpha = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2}; \quad (18)$$

Тогда звукоизоляция для продольных волн записывается в виде уравнения (19):

$$R_{dil.} = 10 \lg \frac{1}{\alpha_1^2} + 10 \lg \frac{1}{\alpha_2^2} = 10 \lg \left(\frac{\mu_a + \mu_{pl}}{2\mu_a} \right)^2 + 10 \lg \left(\frac{\mu_{pl} + \mu_a}{2\mu_{pl}} \right)^2 = 2 \cdot 10 \lg \frac{(\mu_{pl} + \mu_a)^2}{4\mu_a \mu_{pl}}, \text{ дБ} \quad (19)$$

где α_1 и α_2 - коэффициенты прохождения колебательных скоростей на первой и на второй границе сред соответственно.

При $\mu_{pl} \gg \mu_a$

$$R_{dil.} = 20 \lg \frac{\mu_{pl}}{4\mu_a} = 20 \lg \frac{\rho c_{dil.}}{4\rho_0 c_0}, \quad (20)$$

где ρ - плотность материала перегородки, кг/м³; $c_{dil.}$ - скорость распространения продольных волн в материале, м/с, по формуле (21).

$$c_{dil.} = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}, \quad (21)$$

где E - модуль упругости, Н/м²; ν - коэффициент Пуассона материала.

Частота, с которой начинается третий участок частотного диапазона для сдвиговых волн, также вычисляется по формуле (15). Скорость сдвиговых волн, определяемая по формуле (22), не будет зависеть от частоты, а угол волнового совпадения для этих волн будет одним.

$$c_{s\Box.} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}, \quad (22)$$

Тогда звукоизоляцию для данного типа волн можно записать в виде уравнения (23):

$$R_{s\Box} = 10\lg\left(1 + \left(\frac{\pi f \mu_{s\Box}}{\rho_0 c_0}\right)^2\right), \text{ дБ}, \quad (23)$$

где $\mu_{s\Box}$ - приведённая масса перегородок для сдвиговых волн, определяется по формуле, аналогичной (12).

На конечные значения звукоизоляции на этом участке, также как и на двух предыдущих, будут оказывать своё влияние волновые резонансы, величины которых зависят от условий закрепления звукоизолирующих пластин. Ориентировочно, в соответствии с [5], они могут быть вычислены по формуле:

$$\Delta R_{dil.(s\Box)}^{res.} = -20\lg\left(1/(1 - \beta_{dil.(s\Box)})\right), \text{ дБ}, \quad (24)$$

где $\beta_{s\Box.(dil.)}$ - коэффициент отражения колебательной скорости от закреплённых торцов в перегородке при сдвиговых или продольных волнах, по формуле (25):

$$\beta_{s\Box.1} = \beta_{s\Box.2} = \frac{\mu_{pl.s\Box} - \mu_{sl.dil.}}{\mu_{pl.s\Box} + \mu_{sl.dil.}}, \quad (25)$$

где $\mu_{pl.s\Box}$ - приведённая масса перегородки с учётом сдвиговых волн в ней и её толщины, кг/м; $\mu_{sl.dil.}$ - приведённая масса плиты перекрытия с учётом продольных волн в нём и его толщины, кг/м.

Звукоизоляция рассчитывается по формуле (26) с учётом поправки на резонансы для двух типов волн, в то время как на график наносится наименьший вариант.

$$R_{dil.(s\Box)}^{tot.} = R_{dil.(s\Box)} + \Delta R_{dil.(s\Box)}^{res.}, \text{ дБ}, \quad (26)$$

где $R_{dil.(s\Box)}^{tot.}$ - общая изоляция перегородки при рассмотрении сдвиговых или продольных волн в перегородке, дБ; $R_{dil.(s\Box)}$ - звукоизоляция перегородки, посчитанная по формулам (20) или (23), дБ; $\Delta R_{dil.(s\Box)}^{res.}$ - поправка на падение звукоизоляции на резонансах при сдвиговых или продольных волнах, дБ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Приведённый выше подход позволяет сформировать единый алгоритм расчёта звукоизоляции воздушного шума для лёгких и массивных перегородок на всём нормируемом частотном диапазоне:

1. Рассчитывается поверхностная плотность и определяется тип перегородок (лёгкие или массивные), в зависимости от её величины.
2. Определяются граничная и предельная частоты распространения изгибных волн в перегородке.
3. На первом участке расчётного диапазона звукоизоляция рассчитывается по формуле (4), затем с учётом формул (6) и (7) находится итоговое значение звукоизоляции по формуле (9).
4. На втором частотном участке расчётного диапазона звукоизоляция рассчитывается по формуле (11), затем с учётом формул (7) и (13) находится итоговое значение звукоизоляции по формуле (14).
5. Звукоизоляция на третьем участке частотного спектра рассчитывается по формуле (20) и (23), после чего выбирается меньшее её значение.
6. С учётом формулы (24) находится итоговое значение звукоизоляции по формуле (26).

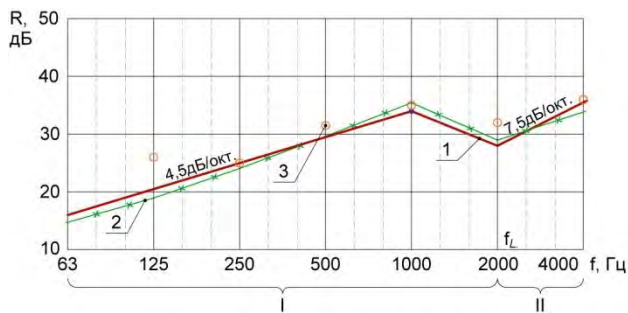


Рис. 3. Графики звукоизоляции для асбестоцементного листа, толщиной 9 мм: 1 - кривая по методике СП; 2 - кривая по формулам (9) и (14) с учётом резонансных явлений и поправки на демпфирующее действие воздуха; 3 - экспериментальные данные.

7. Строится общий изоляционный график для всего расчётного диапазона.

Для примера показаны графики для лёгкой и массивной перегородки, полученные на основе применения рассматриваемого метода.

Проведённые исследования показывают, что среднеарифметическое отклонение во всех октавных полосах от экспериментальных данных по предложенному методу и по методу СП составляют: для лёгких ограждений - 3,11 и 3,33; а для массивных - 2,84 и 3,12 соответственно. Таким образом, данный алгоритм расчёта позволяет получать результаты, достаточно близкие к экспериментальным.

ВЫВОДЫ

Приведённый в статье материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Метод сосредоточенных параметров имеет чёткую теоретическую базу и может объяснить результаты расчёта звукоизоляции на всём стандартном частотном диапазоне.
2. Использование расчётных моделей с дискретными (сосредоточенными) параметрами позволяет получить понятный алгоритм расчёта звукоизоляции однослойных лёгких и массивных перегородок.
3. Результаты расчёта приведённой в статье методики (алгоритма) расчёта звукоизоляции воздушного шума дают результаты измерений близкие к методу СП и нормативным измерениям, что свидетельствует о её надёжности.

Следует отметить, что приведённый в статье метод, и алгоритм, созданный на его основе, нуждаются в дальнейшей апробации и уточнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров А.В. Дискретные модели прохождения волн при расчетах звукоизоляции в зданиях // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 11. С. 50-54.
2. Захаров А.В. Обеспечение условий неразрывности при косом прохождении звука через массивную пластину // Инновации и инвестиции. 2018. №12. С. 163-166.
3. Разживин В.М. Изоляция воздушного шума легкими ограждающими конструкциями зданий с учетом их закрепления. //Монография. Пенза, 2014, 120 с.
4. Салтыков И.П. Расчет звукоизоляции тонких перегородок на основе модели с сосредоточенными параметрами // Вестник МГСУ. 2020. Т.15. №3. С. 353-367.
5. Zakharov A.V. and Saltykov I.P. The third frequency range of the sound insulation plot of the single-layer partitions. J. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. 753 032064. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032064
6. Салтыков И.П. Сравнение результатов расчёта звукоизоляции однослойных перегородок на основе модели с сосредоточенными параметрами с результатами традиционных методов расчёта. // Инновации и инвестиции. 2020. №2. С. 173-180.
7. Cremer L. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Band III. Wellentheorie Raumakustik. Leipzig. 1950.

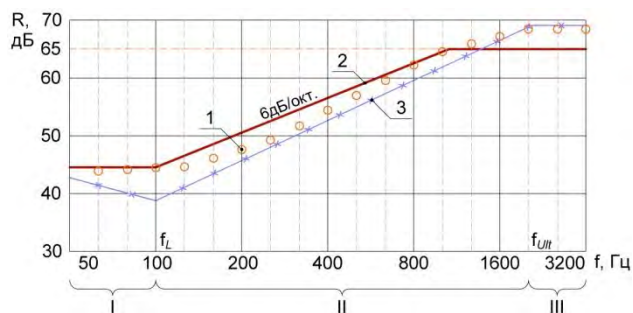


Рис. 4. Графики звукоизоляции для стены из тяжёлого бетона, толщиной 300 мм: 1 - экспериментальные данные; 2 - кривая по методике СП; 3 - кривая по формулам (9), (14) и (26) с учётом резонансных явлений.

8. Никольский В.Н., Заборов В.И. Звукоизоляция крупнопанельных зданий. М.: Изд. лит. по строит., 1964. 243с.
9. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Изд. лит. по строит., 1969. 186 с.
10. Клюкин И.Н. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. Л.: Судостроение, 1971. 416 с.
11. СП 275.1325800.2016. Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции. Минстрой России. М., 2016. 65 с.
12. Saltykov I.P. An engineering estimation method of the sound insulation of massive partitions on the base of design model with lumped parameters. J. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. 753 032046. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032046
13. Захаров А.В. Расчет изоляции звука однородными ограждающими конструкциями // Трета национална конференция за борба с шума. Доклади. Варна: 27-29.10.1973. София, 1973. 316 с.

СБОРНЫЕ ДВУТАВРОВЫЕ СТАЛЬНЫЕ БАЛКИ С ПОЯСАМИ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ И СТЕНКОЙ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОГО ЛИСТА

А.М. Ибрагимов, Е.А. Зиновьева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, igasu_alex@mail.ru

Аннотация

В работе рассматриваются сборные двутавровые тонкостенные комбинированные стальные балки с поясами из прокатных профилей и стенкой из профилированного листа. Составные балки имеют широкое распространение. Основным недостатком является потребность их изготовления в заводских условиях. Предлагается сборно – разборная балка с возможностью доставки на строительную площадку ее элементов, последующей сборки и установки в проектное положение, возможностью демонтажа (при необходимости), перевозки на новое место и повторной сборки без потери несущей способности. Крепление элементов балки между собой выполнено на самонарезающих винтах или болтах. Для увеличения жесткости стенки из профилированного листа в наиболее нагруженных сечениях возможна установка дополнительного листа без существенного изменения в геометрических параметрах. Кроме того, этот прием позволяет увеличивать допустимую нагрузку. Преимущества предлагаемой балки: доступность материалов, возможность повторного использования, низкая трудоемкость, сопряжение элементов могут быть выполнены на стройплощадке, производство элементов практически без отходов, уменьшение затрат на транспортировку, не требуется высококвалифицированные кадров, возможность варьирования составом элементов балки (профили под пояса, номер гофрированного листа, количество слоев гофрированного листа) под конкретную нагрузку. Сделан вывод об эффективности предлагаемой конструкции. Дальнейшие исследования предполагает разработку рекомендаций по расчету и проектированию рассмотренных балок и создание каталога в зависимости от пролета и воспринимаемой нагрузки. Намечены пути дальнейшего исследования, которое предполагает разработку рекомендаций по расчету и проектированию рассмотренных балок и создание каталога в зависимости от пролета и воспринимаемой нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Тенденция широкого использования сборных зданий и конструкций определена следующими факторами: высокая конкуренция и сокращение мощных предприятий. Создание более мелких или средних, с более определенной специализацией и возможностью короткого прогнозирования[1]. Отсутствие развитой инфраструктуры в областях Сибири и Дальнего Востока. Потребность в современных временных зданиях на фоне стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, когда требуется возведение конструкции прямо на строительной площадке[2]. Потребность в сборных, легко транспортируемых, мобильных структурах релевантна в текущей ситуации.

Одним из способов решить эту проблему является использование сборных двутавровых тонкостенных комбинированных стальных балок с поясами из прокатных профилей и стенкой из профилированного листа. Главным преимуществом которых является высокая несущая способность и относительно недорогой и доступный материал, а также простота и скорость сборки.

Потребность в быстровозводимых, легко транспортируемых, мобильных сооружениях – является актуальной в текущей обстановке. Необходимы современные конструктивные и прогрессивные технологичные решения.

Новые строительные системы позволят решить вопрос реструктуризации, что укрепит экономику, так как основу рыночных отношений составляет сектор малого и

среднего предпринимательства, а крупнейшие промышленные предприятия России представлены на рынке как группы небольших компаний.

Мобильные сооружения с небольшой ресурсоемкостью и простотой в сборке могут быть эффективно применены в условиях крайнего севера, а также при необходимости временных поселений в условиях чрезвычайных ситуаций или военного положения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Один из путей решения указанной проблемы – является использование сборных стальных конструкций с гофрированной стенкой, к главным преимуществам которых стоит отнести высокую несущую способность при относительно низкой стоимости и всеобщей доступности материалов, а также простоту и скорость сборки.

С точки зрения расхода материала и восприятия нагрузок двутавровое сечение является оптимальным. То есть материал сечения располагается в зонах наибольших усилий – полке, а стенка двутавра воспринимает касательное напряжение.

В качестве примера рассмотрим шарнирно опертую однопролетную балку пролетом l под равномерно распределенной нагрузкой (см. Рис. 1). В балке возникает момент M_{max} (1) и поперечная сила Q_{max} (2), а также нормальные напряжения σ (3) и касательные напряжения τ (4).

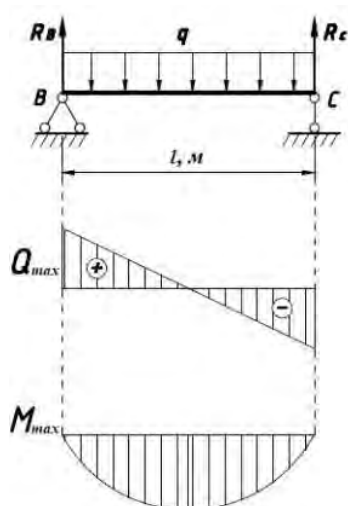


Рис. 1. Эпюры M_{max} и Q_{max} для однопролетной балки

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} \quad (1)$$

$$Q_{max} = \frac{ql}{2} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{QS}{Ib}, \quad (4)$$

где q – распределённая нагрузка, S – статический момент части сечения, расположенной между уровнем рассматриваемой точки и краем сечения, I – осевой момент инерции всего сечения, b – ширина сечения на уровне рассматриваемой точки.

Подбор геометрических параметров сечения при неизменном пролете и неизменной нагрузке заключается в определении момента сопротивления – W и моменте инерции – I .

Следует отметить низкую эффективность балок из прокатных профилей, связанную с нерациональным распределением материала между поясами и стенкой, которая, оставаясь недогруженной приблизительно на 70%, составляет до половины площади сечения, а также невыгодное с точки зрения расхода металла соотношение высоты балок к перекрываемому ими пролету.

Для того, чтобы уменьшить усилия в полках, полки надо разнести по высоте сечения, то есть увеличить высоту сечения стенки. Один из способов – применение балки с перфорированной стенкой. При этом возникает вопрос обеспечения устойчивости стенки, который решается постановкой ребер жесткости. Однако, сечения получаются неразъёмными, то есть конструкция используется единой.

В обычных балках толщина стенки, требуемая по условиям прочности на срез, примерно в 2-4 раза меньше, чем по условиям обеспечения местной устойчивости. Поперечные ребра жесткости, обеспечивающие местную устойчивость стенки, одновременно являются диафрагмами, повышающими крутильную жесткость балок. Стремление обеспечить эти требования при одновременном снижении расхода металла привело к идее гофрирования стенок [4,5] (Рис. 2), причем гофры могут быть нормальные и наклонные к поясам. Устойчивость стенок повышается, отпадает необходимость в поперечных ребрах жесткости, за исключением опорных; как и в тонкостенных балках с плоской стенкой, снижается металлоемкость по сравнению с традиционными балками.

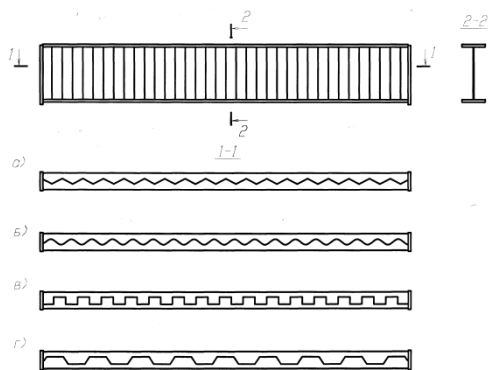


Рис. 2. Разновидности гофрирования стенок балок

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования позволили выявить ряд положительных свойств балок с вертикально гофрированной стенкой: возможность применения в них стенок с гибкостью до 600, высокая изгибно-крутильная жесткость, способность воспринимать значительные сосредоточенные нагрузки и нагрузки, приложенные к сжатому поясу с эксцентриситетом в пределах высоты гофра, пригодность для автоматизированного изготовления на поточной линии или в условиях строительной площадки для ручной сборки на бойке.

Анализ исследований балок с вертикально гофрированными стенками показал, что в таких конструкциях определенно дифференцируется работа поясов и стенки. Стенка не воспринимает напряжений, направленных перпендикулярно гофрам, и находится в условиях чистого сдвига, тогда как изгибающий момент полностью воспринимается поясами. Наличие вертикальных гофр дает возможность развить сечение балки в высоту и с наименьшими затратами материала получить жесткую конструкцию.

В данной работе предлагается балка построечного изготовления (сборная) из отдельных элементов поясов и стенки из гофрированного листа, который призван обеспечить устойчивость стенки. Вся конструкция собирается на оцинкованных саморезах или болтах (см. Рис.3).

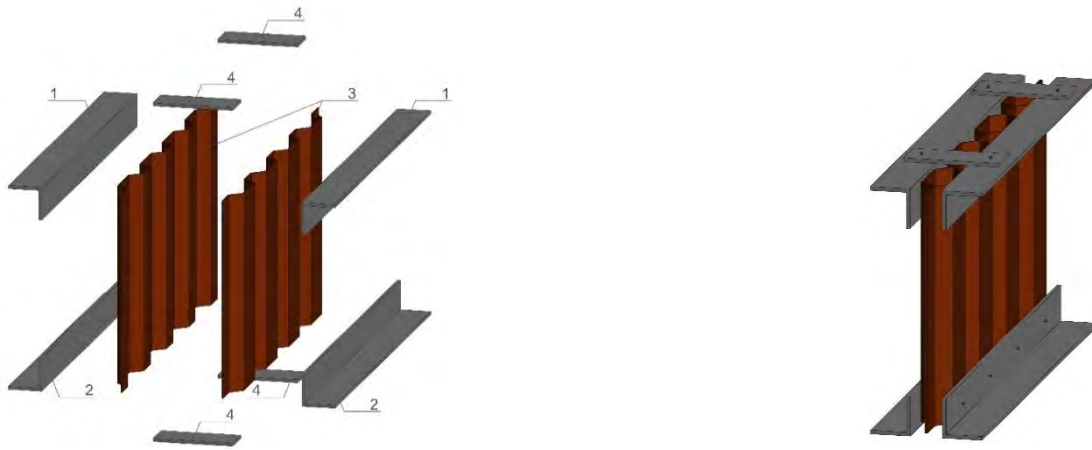


Рис. 3. Схема сборной балки с гофрированной стенкой: 1 – элементы верхнего пояса, 2 – элементы нижнего пояса, 3 – гофрированная стенка, 4 – планки

В качестве поясов балки предлагается использовать прокатную сталь (поз.1, 2. Рис.3) (уголки, швеллеры, двутавры, тавры, коробчатое сечение и т.п.) [3...7]. Гофрированный лист (поз.3. Рис.3) служит стенкой для будущей конструкции. Планки (поз.4. Рис.3), установленные с определенным расчетным шагом, крепятся к элементам проката оцинкованными саморезами и позволяют обеспечить совместную работу элементов поясов. Момент сопротивления сечения W – также можно увеличить за счет увеличения площади поперечного сечения поясов, соответственно снизятся напряжения, воспринимаемые поясами. Увеличение высоты гофра позволяют разнести ветви поясов и увеличить устойчивость сжатого верхнего пояса из плоскости балки.

Если говорить о геометрических размерах данной конструкции, то при подборе высоты стенки и мощности поясов следует ориентироваться на сортамент стальных двутавров. Толщина соединительной пластины (планки) должна быть не меньше толщины полки уголка. При выборе перфорированной стенки следует обратить внимание на Приложение А Стандарта организации «Настилы стальные профилированные для покрытий зданий и сооружений. Проектирование, изготовление, монтаж СТО 0043-2005», которое учитывает расчетные значения предельных нагрузок на профилированный настил при поперечном изгибе.

Пластины, которые устанавливаются на поясах, ставятся в местах опирания вышележащих конструкций. Кроме того, предусмотрены соединительные прокладки верхнего и нижнего поясов балки, также обеспечивающие совместную работу уголков и гофролиста. Шаг установки соединительных прокладок зависит от места их расположения. Верхний пояс – сжат, следовательно, пластины помещаются на расстоянии равном $40i$ друг от друга, где i – радиус инерции одного уголка относительно оси, параллельной прокладке; при этом в пределах расчетной длины l_{ef} сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок. Нижний пояс – растянут, шаг пластин равен $80i$ соответственно.

Балка может быть с параллельными или наклонными поясами, односкатная или двухскатная – повторяющая эпюру моментов (см. Рис.4) [3, 5].

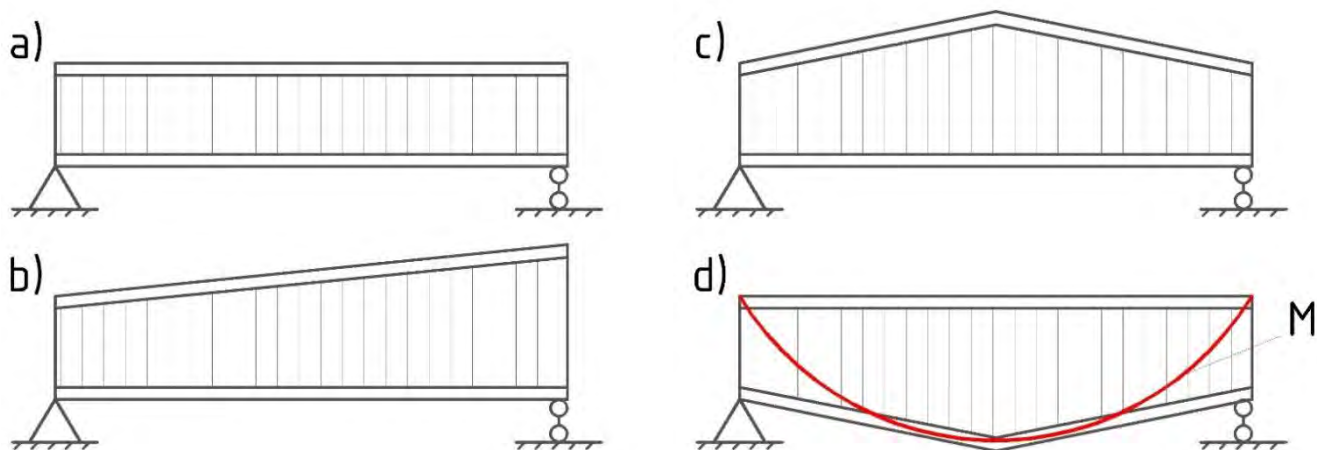


Рис. 4. Виды балок: а – с параллельными поясами, б – односкатная, с – двухскатная, d – шпренгельная.

Для восприятия максимальных поперечных сил в приопорной части стенка может быть дополнительно усилена профилированным листом, что не вызовет особых изменений геометрических размеров, но в разы увеличит несущую способность.

Рекомендуемый нахлест листов – две полуволны. Использование дополнительных вставок, с одной стороны, ведет к перерасходу материала, с другой – является экономически обоснованным, так как повышается устойчивость и жесткость стенки в разы увеличивается. Таким образом, варьирование толщиной гофрированной стенки позволяет подобрать сечение под различные нагрузки.

ВЫВОДЫ

Анализ вышеизложенного позволяет заключить, что существует реальная возможность создания эффективных сборно-разборных балочных конструкций построечного изготовления.

Преимущества таких стальных балок с гофрированной стенкой:

- доступность материалов;
- многократное использование (сборно-разборность) балки;
- отсутствие необходимости в высококвалифицированных кадрах на строительной площадке, вследствие простоты раскроя стальных элементов и их сбора в единую конструкцию;
- раскрой и сборка может осуществляться в условиях строительной площадки;
- практически безотходное производство вследствие рационального раскроя прокатной стали и профилированного листа;
- возможность доставки элементов конструкции к месту сборки в пакетах, что позволит снизить расходы на транспортировку, особенно для труднодоступных и удаленных районов.
- повышенная коррозионная стойкость и долговечность ввиду высококачественного и технологичного цинкового покрытия.
- возможность подбора сечения под конкретную нагрузку или диапазон загрузений;
- выполнение принципа дробности напряжений и вязкости работы соединений.

Оптимальное распределение материала по площади поперечного сечения в соответствии с напряженно-деформированным состоянием элементов – путь снижения материалоемкости строительных конструкций [7]. Применение прокатной стали для поясов и профилированного листа для стенки идеальное сочетание для создания из них конструкций. Дальнейшие исследования предполагает разработку рекомендаций по расчету и проектированию рассмотренных балок и создание каталога в зависимости от пролета и воспринимаемой нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремова А.Д. Разукрупнение промышленных предприятий как залог их успешного развития // В сборнике: Экономическое развитие России: тенденции, перспективы сборник статей по материалам IV Международной студенческой научно-практической конференции: в 2-х томах. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. 2018. С. 93-96.
2. Михневич И.В., Рыбаков А.В., Николенко С.Д. Конструкторское решение и технология быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (40). С. 66-75.
3. Плисенко Д.Ю. Особенности использования балки с гофрированной стенкой в строительстве // В сборнике: Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. Салагор. 2018. С. 780-782.
4. Крылов И.И., Кретинин А.Н. Эффективные балки из тонкостенных профилей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 6 (558). С. 11-14.
5. Митрофанов С.В., Митрофанов В.А. Работа балки с гофрированной стенкой с различными профилями гофрирования // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 9 (61). С. 87-92.
6. Енджиевский Л.В., Крылов И.И., Кретинин А.Н., Фроловская А.В. Ограждающие и несущие строительные конструкции из стальных тонкостенных профилей // Монография. Москва: Красноярск, 2018.
7. Карамышева А.А., Языев Б.М., Чепурненко А.С., Языева С.Б. Оптимизация геометрических параметров двухскатной балки прямоугольного сечения // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3 (37). С. 92.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДАВЛИВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ КОЛОННАМИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

А.Д. Истомин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, nauka.07@mail.ru

Аннотация

В современных зданиях плоские плиты перекрытия чаще всего опираются на колонны прямоугольного сечения. Исследования плит на продавливание, опирающихся на колонны прямоугольного сечения, весьма ограничены. Целью данной работы являлось экспериментальное исследование продавливания плит колоннами прямоугольного сечения и уточнение их методики расчета при продавливании.

В качестве опытных образцов были приняты железобетонные плиты толщиной 6 см. без поперечного армирования. При испытании плит на продавливание нагрузка на плиту передавалась через штампы. В экспериментах варьировалось отношение сторон штампов от 1 до 5. Перед испытанием плит на продавливание определялись деформативно-прочностные характеристики бетона.

В результате испытаний плит на продавливание были получены предельные усилия, при которых происходило продавливание плит. На основании полученных результатов предложены формулы для расчета усилий продавливания для колонн прямоугольного сечения, учитывающие его соотношения сторон. Обобщенный анализ результатов экспериментальных исследований показал, что на прочность плит при продавливании также оказывает влияние соотношение короткой грани поперечного прямоугольного сечения колонны и толщины плиты перекрытия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительную долю в строительстве составляет монолитные железобетонные здания с безбалочным каркасом. Плоские плиты перекрытия при этом чаще всего опираются на колонны прямоугольного сечения. Большинство экспериментальных и теоретических исследований связано с исследованием работы плит на продавливание при опирании на колонны квадратного сечения [1,2,3,4]. При этом исследования плит, опирающихся на колонны прямоугольного сечения, весьма ограничены [5,6]. Расчет на продавливание монолитных плит перекрытия по рекомендациям СП 63.13330.2018 колоннами прямоугольного сечения приводит завышению несущей способности на 40% и более по отношению к опытным данным [7]. Анализ численных исследований напряженного состояния монолитных плит при продавливании показал, что увеличение соотношения сторон прямоугольного сечения колонн приводит к значительной неравномерности в распределении деформаций и напряжений по периметру колонны [8,9]. Большинство предложений по учету неравномерности в распределении деформаций и напряжений вдоль длинной стороны прямоугольного сечения колонн сводится к искусственному уменьшению периметра расчетного сечения [10]. Целью данной работы являлось экспериментальное исследование прочности при продавливании плит колоннами прямоугольного сечения и уточнение их методики расчета при продавливании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования на продавливание плит колоннами были изготовлены опытные образцы – железобетонные плиты с размерами в плане 100x100 см и толщиной 6 см. Плиты армировались сеткой из проволочной арматуры диаметром 5 мм класса Вр500, которая располагалась у нижней грани плиты. Поперечное армирование плиты отсутствовало.

Методика испытаний плит на продавливание была следующая. Плиты укладывались на

опору в виде металлической рамы, расположенной по середине площадки приложения нагрузки. Опытные образцы-плиты нагружались домкратом ($Q=25$ т). Нагрузка на плиту передавалась через железобетонные штампы. Расстояние от граней штампов до внутреннего контура опор принималось равным 10 см с каждой стороны. Таким образом, исключался изгиб плит. Маркировка штампов и их размеры приведены в табл. 1.

Таблица 1. Маркировка штампов и их размеры

Марка штампа	Шт.1	Шт.2	Шт.3,2	Шт.4	Шт.5
Размер штампа, см	10x10	10x20	10x32	10x40	10x50
Соотношение сторон штампа	1,0	2,0	3,2	4,0	5,0

Во время экспериментов фиксировалась нагрузка, при которой происходило продавливание плиты.

Перед испытанием плит на продавливание определялись деформативно-прочностные характеристики бетона и арматуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Деформативно-прочностные характеристики бетона и арматуры приведены в табл. 2.

Таблица 2. Деформативно-прочностные характеристики бетона и арматуры

R_b , МПа	$E_b \cdot 10^3$, МПа	R_{bt} , МПа	$E_s \cdot 10^5$, МПа	R_s , МПа
52	39	2,93	2,17	415

В результате испытаний плит на продавливание были получены предельные усилия (F_{exp}), при которых происходило продавливание плит. На основании полученных значений разрушающих усилий в ПК ЛИРА были рассчитаны касательные напряжения в сечениях, расположенных на расстоянии $0,5h_0$ от граней площадки нагружения. По эпюрам касательных напряжений вдоль расчетного контура, были вычислены коэффициенты полноты эпюр касательных напряжений в момент разрушения (ω). Результаты испытаний и расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний плит на продавливание

Марка штампа	Шт.1	Шт.2	Шт.3,2	Шт.4	Шт.5
Размер штампа, см	10x10	10x20	10x32	10x40	10x50
F_{exp} , кН	97,7	96,1	102,1	114,3	123,1
ω	1,05	0,87	0,75	0,69	0,63

В результате аппроксимации опытных данных была получена эмпирическая зависимость для коэффициента полноты эпюр касательных напряжений при продавливании плит колоннами прямоугольного сечения:

$$\bar{\omega} = 0,2589 \ln\left(\frac{b}{h}\right) + 1,0, \quad (1)$$

где b , h – соответственно ширина и длина поперечного сечения колонны.

Для представленных опытных данных верхняя и нижняя границы доверительного интервала соответственно равны:

$$\omega_{\min} = 0,2589 \ln\left(\frac{b}{h}\right) + 0,85. \quad (2)$$

$$\omega_{\max} = 0,2589 \ln\left(\frac{b}{h}\right) + 1,15 \quad (3)$$

Результаты опытных данных и расчетов по формуле (1) представлены на рис.1.

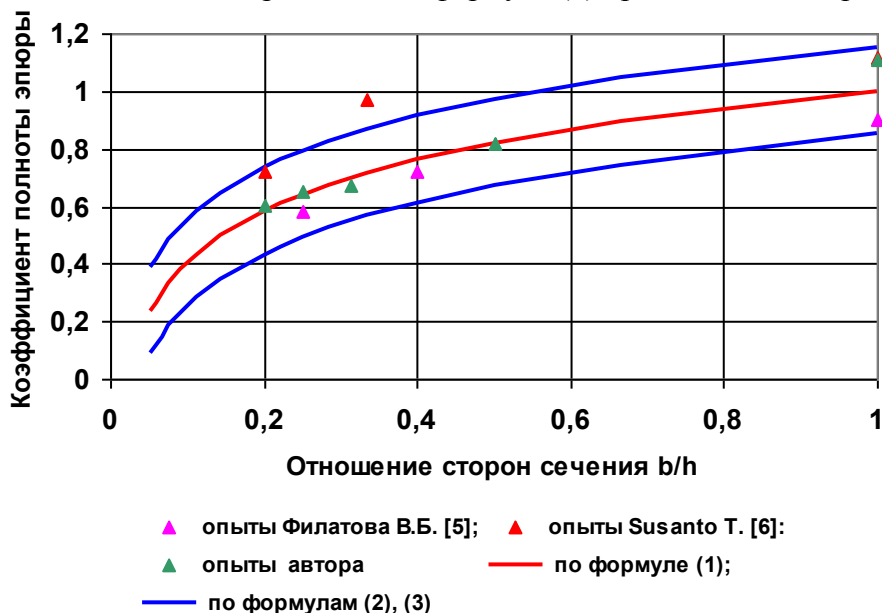


Рис. 1. Коэффициент полноты эпюры касательных напряжений

Из рис.1 видно, что практически все опытные данные лежат в пределах доверительного интервала для представленных опытных данных. Разброс опытных данных может быть вызван влиянием масштабного фактора (отношение короткой грани поперечного сечения колонны к толщине плиты перекрытия). В опытах Филатова В.Б. [5] это соотношение было равно $b/h_1 = 20/14 = 1,43$, для опытов автора $b/h_1 = 10/6 = 1,67$. В связи с этим было учтено влияние масштабный фактор b/h_1 и получена зависимость:

$$\omega_1 = \left(0,3885 \cdot \frac{b}{h_1} - 0,3289\right) \cdot \ln\left(\frac{b}{h}\right) + \left(0,727 \cdot \frac{b}{h_1} - 0,1325\right), \quad (4)$$

где b , h – соответственно ширина и длина поперечного сечения колонны (штампа); h_1 – толщина плиты.

Рассчитанные по формуле (4) значения коэффициентов полноты эпюры касательных напряжений для соответствующих опытных значений b/h_1 приведены на рис.2.

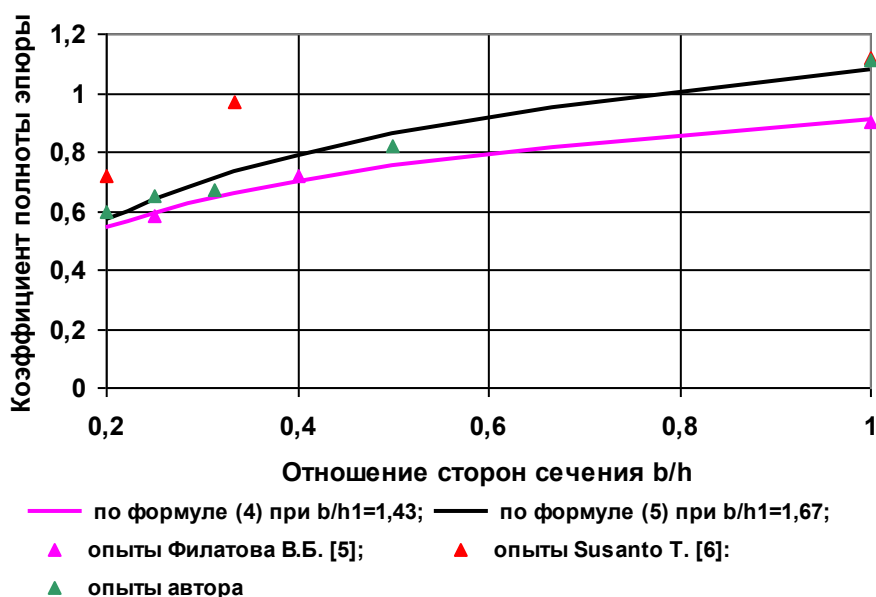


Рис. 2. Влияние b/h_1 на коэффициент полноты эпюры касательных напряжений

Предельное усилие, воспринимаемое бетоном плиты при продавливании колоннами прямоугольного сечения рекомендуется определять по формуле:

$$F_{ult} = \bar{\omega} \cdot R_{bt} \cdot A_b, \quad (5)$$

где $\bar{\omega}$ – коэффициент полноты эпюры касательных напряжений, определяемый по формуле (1). Для инженерных расчетов рекомендуется зависимость, отвечающая нижней границе доверительного интервала (формула (3)).

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельных состояний первой группы;

$A_b = u \cdot h_0$ – площадь расчетного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $0,5h_0$ от границы площади приложения сосредоточенной силы;

$u = 2 \cdot (b + h + 2h_0)$ – периметр контура расчетного поперечного сечения;

b, h – размеры сторон поперечного сечения колонны;

h_0 – приведенная рабочая высота сечения.

Опытные и рассчитанные по СП 63.13330.2018 (без учета коэффициента $\bar{\omega}$) значения прочности плит на продавливание представлены в табл. 4.

Таблица 4. Опытные и расчетные значения прочности плит на продавливание

b/h	Опыты автора			Опыты [5]			Опыты [6].		
	F_{cal} , кН	F_{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$	F_{cal} , кН	F_{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$	F_{cal} , кН	F_{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$
1,0	88	97,7	0,90	255	272	0,94	415	423	0,98
2,0	117	96,1	1,22	-	-	-	-	-	-
2,5	-	-	-	304	281	1,08	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	645	568	1,14
3,2	152	102,1	1,49	-	-	-	-	-	-
4,0	176	114,3	1,54	429	328	1,31	-	-	-
5,0	205	123,1	1,67	-	-	-	988	649	1,52

Из результатов, представленных в табл.4 видно, что расчет на продавливание монолитных плит перекрытия по рекомендациям СП 63.13330.2018 колоннами прямоугольного сечения приводит завышению несущей способности до 67% по отношению к опытным данным.

Опытные и рассчитанные по формуле (5) значения прочности плит на продавливание представлены в табл. 5.

Таблица 5. Опытные и расчетные значения прочности плит на продавливание

b/h	Опыты автора			Опыты [5]			Опыты [6].		
	F _{cal} , кН	F _{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$	F _{cal} , кН	F _{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$	F _{cal} , кН	F _{exp} , кН	$\frac{F_{cal}}{F_{exp}}$
1,0	88	97,7	0,90	255	272	0,94	415	423	0,98
2,0	96	96,1	1,00	-	-	-	-	-	-
2,5	-	-	-	232	281	0,82	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	461	568	0,81
3,2	106	102,1	1,04	-	-	-	-	-	-
4,0	113	114,3	0,99	275	328	0,84	-	-	-
5,0	120	123,1	0,97	-	-	-	576	649	0,89

Из результатов, представленных в табл.5 видно, что учет коэффициента полноты эпюры касательных напряжений при расчете предельного продавливающего усилия плоской плиты колонной прямоугольного сечения, дает значения предельных нагрузок близких к опытным данным. Наблюдается занижение несущей способности до 19% по отношению к опытным данным.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных экспериментальных исследований плит на продавливание можно сделать следующие выводы:

1. Расчет на продавливание монолитных плит перекрытия при отсутствии изгибающих моментов по рекомендациям СП 63.13330.2018 колоннами прямоугольного сечения приводит завышению несущей способности до 67% по отношению к опытным данным.

2. Неравномерность в распределении деформаций и напряжений по периметру колонны прямоугольного сечения может быть учтена с помощью коэффициента полноты эпюры касательных напряжений.

3. Предлагаемые зависимости для коэффициента полноты эпюры касательных напряжений позволяют снизить расхождение между расчетными и опытными значениями прочности при продавливании плит колоннами прямоугольного сечения (занижение несущей способности до 19% по отношению к опытным данным).

4. Влияние масштабного фактора (отношение короткой грани поперечного сечения колонны к толщине плиты перекрытия) требует дальнейших экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А., Залесов А.С. Расчет прочности плоских плит перекрытий без поперечной арматуры монолитных каркасных зданий на продавливание. – Известия вузов. Строительство и архитектура. 2003. С. 200-205.

2. Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н. К оценке надежности железобетонных плоских безбалочных плит перекрытий на продавливание при действии сосредоточенной силы в условиях высоких температур // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №7. С. 24-28.
3. Силантьев А.С., Плотников А.И. Проблемы учета действительной работы узлов сопряжения плоских безбалочных плит железобетонных перекрытий с колоннами // Вестник МГСУ. 2009. №1. С. 71-73.
4. Juan Sagaseta, Aurelio Muttoni, Miguel Fernández Ruiz, Luca Tassinari Non-axis-symmetrical punching shear around internal columns of RC slabs without transverse reinforcement // Magazine of Concrete Research. 2011. №63(6). P. 441–457.
5. Филатов В.Б. Силовое сопротивление железобетонных монолитных плоских плит перекрытий при продавливании колоннами прямоугольного сечения / В.Б. Филатов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №4 (5). С. 1322–1324.
6. Susanto, T. Punching Shear Strength of Slabs with Openings and Supported on Rectangular Columns / T. Susanto, H.K. Cheong, K.L. Kuang, J.Z. Geng // ACI Structural Journal. 2004. V. 101, № 5. P. 678-687.
7. Филатов В.Б., Бубнов Е.П. Экспериментальные исследования прочности плоских железобетонных плит при продавливании // Промышленное и Гражданское Строительство. 2017. №2. С. 86-91.
8. Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш. Анализ напряженно-деформированного состояния плиты при продавливании на конечно-элементных моделях // Новое в Архитектуре, Проектировании Строительных Конструкций и Реконструкции. Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. 2018. С. 214-222.
9. Кабанцев О.В., Песин К.О., Карлин А.В. Анализ напряженно-деформированного состояния плитных конструкций в приопорных зонах // International Journal For Computational Civil And Structural Engineering. 2017. Т. 13. №1. С. 55-62.
10. Ермуханов К.Е. Обобщенный анализ расчета прочности плит на продавливание по отечественным и зарубежным нормам // Бетон и Железобетон. 1992. №4. С. 11-13.

РАСЧЕТНЫЙ ПРОГНОЗ НДС МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ С УЧЕТОМ РЕЖИМА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ

О.В. Кабанцев¹, Е.Г. Сергеев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ovk531@gmail.com

²egsergeev@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема расчетного прогноза НДС монолитных железобетонных фундаментных плит с учетом поэтапного формирования несущей системы (режим возведения). Анализом особенностей деформирования грунтов установлено, что грунты основания, обладающие малым временем консолидации, формируют значения характеристик деформационных свойств, соответствующих значениям напряжений под фундаментной плитой. При этом временем задержки при формировании деформационной характеристики можно пренебречь. Выполнены численные исследования формирования НДС монолитных железобетонных фундаментных плит по технологии многоэтапного расчета с наследованием НДС от этапа к этапу. Исследованиями установлено, что учет деформационных свойств грунтового основания в многоэтапном режиме расчета (в качестве этапа рассматривается один ярус/этаж здания) позволяет для грунтов с малым временем консолидации существенно снизить величину суммарной деформации и грунтового основания, и, соответственно, конструкций фундаментной плиты по отношению к результатам, полученным по традиционной расчетной технологии. Показано, что для грунтов с малым временем консолидации поэтапный расчет с учетом режима возведения позволяет уточнить прогноз напряжений в фундаментной плите в сторону снижения величин последних, что обеспечивает снижение расчетного армирования фундаментных конструкций. Исследованиями установлено, что для грунтов с длительным временем консолидации учет режима возведения не влияет значительно на величины деформаций основания и, соответственно, на напряженное состояние фундаментных конструкций. На основании выполненных исследований разработаны предложения по совершенствованию расчетных методик прогноза НДС фундаментных плит для различных видов грунтового основания.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ условий деформирования грунтовых оснований демонстрирует зависимость модели внешних связей от длительности воздействия. Действительно, нормы СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*» устанавливает в качестве деформационных характеристик оснований две характеристики: модуль деформации по первичной E и вторичной E_e ветвям нагружения, что соответствует модулю общей деформации (E) и условному модулю упругости (E_e), которые различаются в $5 \div 8$ раз.

Очевидно, что действительные параметры НДС несущей системы и фундаментных конструкций не могут быть определены корректно без учета особенностей изменения модели внешних связей, модели воздействий с учетом взаимовлияния нагрузок, а также особенностей процесса возведения конструкций.

Наиболее значимые изменения модели внешних связей, которые определяются изменением напряжений под фундаментными конструкциями (фундаментные плиты), происходят в режиме возведения здания. Как правило, режим возведения реализуется процедурой «наращивания» (генерации) несущей системы, которому соответствует многоэтапное изменение расчетной схемы. На каждом этапе расчетная схема отражает

состояние несущей системы в режиме замыкания этой системы на рассматриваемом этапе возведения здания с соответствующими этому этапу напряжениями под фундаментной плитой. Таким образом, и несущая система, и ее расчетная модель не должны рассматриваться в виде, соответствующем завершеному строительству. Столь упрощенный подход к расчетной модели не соответствует реальному процессу генерации, нагружения и деформирования несущей системы и не обеспечивает получение корректного результата.

Общее деформирование и формирование НДС несущей системы во многом определяется деформационными свойствами основания, которые в расчетной модели представлены моделью внешних связей. Модель внешних связей должна отражать действительное состояние деформационных характеристик основания, т.е. модель должна изменяться в соответствии с изменениями деформационных характеристик основания. Однако, как правило, при проектировании зданий массовой застройки в расчетах используется единственная (и постоянная) модель внешних связей.

Расчетный анализ, соответствующий действительному процессу возведения и эксплуатации здания, должен выполняться в многоэтапной расчетной технологии, обеспечивающей расчет поэтапно изменяющихся расчетных схем и наследование НДС от этапа к этапу. Научные основы расчета изменяющихся систем разработаны в работах 1 - 6, в которых предложена и обоснована расчетная технология, а также показана некорректность результатов традиционной (одноэтапной) технологии расчетного анализа расчетной схемы, соответствующей финальному состоянию несущей системы.

В рамках исследования выполнен анализ нескольких десятков проектов реальных зданий, в результате установлено, что подавляющее число расчетов несущих систем выполнено с применением модели внешних связей, соответствующей действию нагрузок основного сочетания.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Модель внешних связей при различных режимах работы несущих систем

Модель внешних связей является важнейшим компонентом общей расчетной модели сооружения. Необходимость учета взаимодействия здания с грунтовым массивом (параметры такого взаимодействия и являются моделью внешних связей) определено ключевыми нормативными документами и федеральными законами.

Так, п.4 ст. 16 7 определяет требования к расчетным моделям и в состав этих требований включено положение о необходимости учета «особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием».

В развитие требований 7 ГОСТ 8 в разделе 11 (п. 11.4) приведены следующие требования к расчетным моделям: «Расчетные модели напряженно-деформированного состояния должны включать в себя определяющие соотношения, описывающие: ... условия взаимодействия конструктивных элементов между собой и с основанием. При этом должны быть установлены:

- упругие или неупругие характеристики конструктивных элементов и основания;
- параметры, характеризующие геометрически линейную или нелинейную работу конструкций;
- физические и реологические свойства, эффекты деградации.»

Таким образом, учет условий взаимодействия сооружения с основанием является обязательным при выполнении расчетного анализа надежности.

С учетом наличия нескольких режимов работы сооружения в рамках жизненного цикла необходим анализ модели внешних связей в границах основных режимов.

Общие вопросы моделей деформирования грунта под нагрузкой.

Нагрузки, действующие на грунтовой массив, приводят к изменениям напряжений в теле грунта, что, в свою очередь, приводит к формированию деформаций.

Все деформации грунтов под нагрузкой происходят во времени, что, в первую очередь, связано с некоторой временной задержкой развития деформаций относительно момента приложения нагрузок. Такие задержки обусловлены либо свойством ползучести скелета грунта, либо длительностью фильтрационных процессов отжатия воды из пор грунта при его уплотнении.

Наиболее часто грунтовые основания представлены песчаными и глинистыми группами грунтов. Протекание во времени процессов деформирования в этих группах грунтов имеет существенные различия (см. рис. 1.).

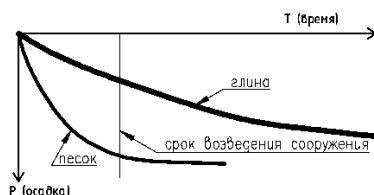


Рис. 1. Упрощенная схема осадки грунтов во времени.

Так, замедленное течение осадок в пылеватоглинистых грунтах, насыщенных водой, обусловлено тем, что все поры наполнены водой, являющейся практически несжимаемым заполнителем, и осадка основания возможна только при вытеснении воды из пор. Поэтому осадка глинистого грунта определяется процессом уплотнения, связанным с выдавливанием поровой жидкости, так называемой *фильтрационной консолидации*.

Важную роль в формировании деформаций основания играет время, в течение которого нагружается грунт. Так, если статическая нагрузка на основание от сооружения нарастает весьма быстро по сравнению с развитием деформаций основания и смещений сооружения во времени, то ее принято в расчетах считать приложенной «мгновенно». После ее приложения сразу же возникают некоторые, обычно небольшие, смещения, которые также условно называют «мгновенными».

Необходимо подчеркнуть, что введение условных понятий «мгновенная нагрузка» и «мгновенное смещение» определяется, в основном, соотношением времени роста нагрузки и времени развития деформаций грунтового массива и смещений опирающегося на него сооружения. Так, например, процесс уплотнения (консолидации) водонасыщенного глинистого основания протекает в течение нескольких лет, а процесс возведения несущей системы и ограждающих конструкций сооружения длится несколько месяцев – в таком случае нагружение грунтового массива нагрузками от собственного веса конструкций здания можно принять условно «мгновенным». Принятие таких «условностей» иногда весьма заметно упрощает решение задач. В то же время при необходимости разработанные методы расчетов позволяют весьма точно учесть постепенность возведения сооружения.

Податливость грунтового основания, включая пластическую фазу, характеризуется модулем деформации грунта. При этом рассматривается процесс деформирования грунтового массива при длительном действии нагрузок, что и формирует явление фильтрационной консолидации.

При кратковременных нагрузках, включая динамические, пластические деформации не могут сформироваться (вследствие отсутствия времени для протекания фильтрационной консолидации), но некоторые деформации образуются.

Исследованиями установлено, что деформации от кратковременных нагрузок не формируют выраженной пластической фазы и являются, по существу, упругими деформациями. Свойства грунта формировать упругие деформации характеризуются модулем Юнга (т.е. модулем упругости).

Деформационные характеристики грунтового массива в общем виде

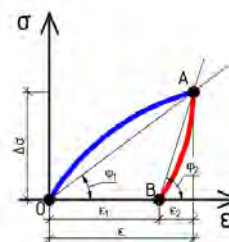


Рис. 2. Схема деформационных характеристик грунтового массива.

представлены на рис. 2.

Модель внешних связей для расчетного анализа методом конечных элементов.

В рамках традиционных статических расчетов взаимодействие конструкции с грунтовым основанием определяется величиной коэффициента жесткости грунта (C), величина которого равна отношению давления, приложенного к какой-либо точке (элементу) поверхности основания (P), к осадке (s) возникающей от этого давления в этой же точке. Коэффициент жесткости грунта зачастую именуется коэффициентом постели.

Особенности деформирования грунтов под нагрузкой

Грунтовое основание представлено, как правило, следующими основными видами грунтов:

- глинистые грунты;
- песчаные грунты;

Крупнообломочные грунты с песчаным / глинистым заполнителем.

Деформирование грунтов под нагрузкой протекает в существенно различных режимах.

Общая схема деформирования грунта под нагрузкой представлена на рис. 3.

На начальном этапе деформирование носит характер, близкий к линейному, и такая схема деформирования может характеризоваться касательным модулем деформации (рис 3. – линия 3). При этом величина такой деформации вносит заметный вклад в общую итоговую деформацию грунта.

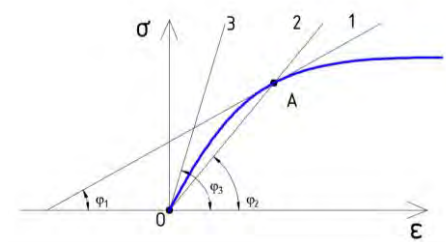


Рис. 3. Общая схема деформирования грунта под нагрузкой.

При дальнейшем росте нагрузки наблюдается существенная нелинейность деформирования и в этом случае необходимо вводить другие характеристики процесса деформирования: касательный модуль (рис 3. – линия 1) и секущий модуль (рис 3. – линия 2).

В грунтах формирование осадок под нагрузкой происходит в течение длительного времени, что связано с механизмом реализации процессов фильтрационной консолидации.

В основе теории фильтрационной консолидации лежат следующие принципы:

- Грунт однородный и полностью водонасыщен;
- Нагрузка прикладывается мгновенно и полностью передается на воду в первый момент времени;
- Скорость осадки грунта основания на прямую зависит от скорости освобождения пор грунта от воды;
- Движение воды в порах происходит исключительно в вертикальном направлении и подчиняется закону Дарси о ламинарной фильтрации

Таким образом, процесс деформирования основания происходит во времени, которое определяется временем освобождения пор грунта от воды.

В глинистых грунтах процесс консолидации длится достаточно долго – его время существенно превышает время возведения здания. В таком случае целесообразно рассматривать процесс деформирования основания в его финальной точке – в условиях основного эксплуатационного режима.

В песчаных грунтах формирование осадок под нагрузкой происходит достаточно быстро (можно считать – «мгновенно» по отношению к времени возведения сооружения), что определяется отсутствием препятствий для процесса фильтрации поровой воды. В случае малого времени формирования осадок основания, сложенного песчаными грунтами, деформационные характеристики основания должны отражать указанную особенность деформирования.

Модель деформирования грунта основания под нагрузкой впервые обоснована Винклером и может быть представлена через коэффициент постели следующим образом:

$$C=P/S \quad (1)$$

Единицы измерения коэффициента постели кН/м^3 ; т/м^3 .

В целях корректного учета распределительных свойств грунта в 9 предложен и обоснован метод переменного коэффициента постели. Действительно, рассчитанные в соответствии с моделью, обоснованной в 9, коэффициенты постели представляют собой систему переменных деформационных характеристик грунтового основания, которые учитывают, в том числе, и возможности реализации распределительных свойств грунта. Таким образом, современная модель внешних связей в рамках конечноэлементного расчетного анализа представляется в виде системы коэффициентов постели, величины которых являются функцией как механических характеристик грунтов и их распространения в пределах плана конструкции, так и величины давления на основание от сооружения.

Для песчаных грунтов коэффициент постели (C), величина которого имеет прямую зависимость от нагрузки на грунт, должен изменяться в соответствии с увеличением объема сооружения, т.е. с увеличением нагрузки на основание (σ_z).

$$C=f(\sigma_{zi}) \quad (2)$$

где i – этап возведения конструкции.

Вполне очевидно, что традиционный метод расчета конструкций с использованием постоянного коэффициента постели ($C = const$), величина которого определена для полного значения нагрузки на основание (основной эксплуатационный период), сформирует завышенные значения прогнозируемых осадок оснований – для каждого этапа возведения здания при изменении нагрузок на основание от малых до полных величин деформационная характеристика грунта будет принята соответствующей полному значению нагрузки. В этом случае прогноз осадок будет некорректным, что определяется несоответствием малых нагрузок на грунт на начальных этапах и коэффициентом постели, значение которого соответствует большим величинам нагрузки для основного эксплуатационного периода.

Модель внешних связей для режима возведения: на каждом i -том этапе возведения несущей системы определяются напряжения под фундаментной плитой и соответствующие этим напряжениям значения коэффициентов постели.

По результатам расчета в режиме возведения фиксируются параметры деформированного состояния расчетной модели, а также усилия (напряжения) в отдельных элементах.

Методика многоэтапного расчетного анализа с обеспечением наследования НДС от этапа к этапу предложена и обоснована в 3 - 6. В общем виде блок-схема расчетного анализа представлена на рис. 4.

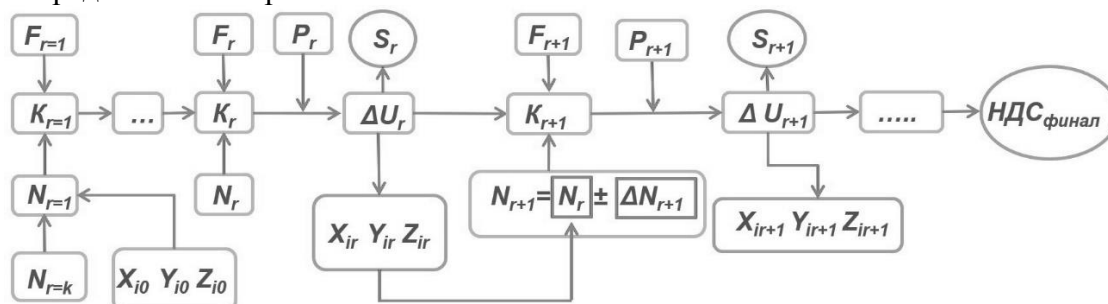


Рис. 4. Блок-схема поэтапного расчета модели с учетом изменения основных расчетных параметров.

$N_{r=k}$ – полный набор конечных элементов модели;

N_r ; N_{r+1} – набор конечных элементов модели на этапах r и $r+1$ соответственно;

F_r ; F_{r+1} – жесткость внешних связей на этапах r и $r+1$;

K_r ; K_{r+1} – обобщенная матрица жесткости модели на этапах r и $r+1$;

P_r ; P_{r+1} – нагрузочный фактор на этапах r и $r+1$ (накапливаемое загрузеение + нагрузки этапа);

$\Delta U_r; \Delta U_{r+1}$ – приращение перемещений на этапах r и $r+1$;

$S_r; S_{r+1}$ – усилия / напряжения на этапах r и $r+1$;

$X_{i0}; Y_{i0}; Z_{i0}$ – координаты i -го узла, определенные проектом, группы конечных элементов $N_{r=1}$, входящих в модель на этапе 1;

$X_{ir}; Y_{ir}; Z_{ir}$ – координаты i -го узла, определенные деформированным состоянием конечных элементов на этапе r ;

$X_{ir+1}; Y_{ir+1}; Z_{ir+1}$ – координаты i -го узла, определенные деформированным состоянием конечных элементов на этапе $r+1$

Расчетная технология, соответствующая приведенным выше принципам, разработана и включена в расчетный комплекс SCAD под условным наименованием «МОНТАЖ». Описание расчетной технологии «МОНТАЖ» приведено в 10.

В рамках исследования расчетный анализ выполнялся не только с учетом изменения (генерации) расчетной модели, что соответствует режиму возведения, но и с учетом изменения (деградации) деформационных характеристик основания (модель внешних связей).

Для оценки влияния изменения параметров модели внешних связей в рамках режима возведения выполнен расчетный анализ тестовой модели (рис. 5).

Характеристики здания:

Жилой дом высотой 23 жилых этажа и 2 подземных этажа (автопарковка). Высота 1-го этажа – 5,6 м. Высота типовых этажей – 3,3 м.

Несущая система – монолитный железобетонный рамно-связевый каркас с безригельными перекрытиями. Узел стыка перекрытия и вертикальных несущих конструкций – бескапительный.

Фундаментная плита – монолитная железобетонная из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 толщиной 1200 мм.

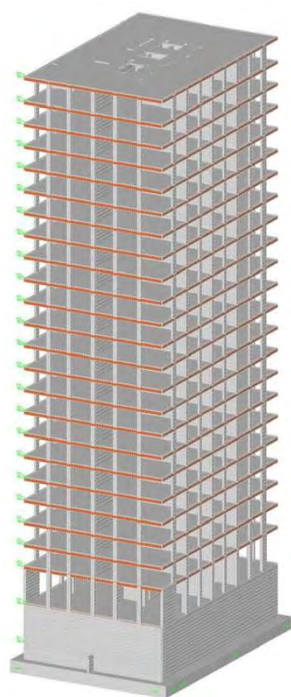


Рис. 5. Тестовая модель – общий вид

Перекрытия и покрытие – монолитные железобетонные из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 толщиной 230 мм.

Стены – монолитные железобетонные из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 толщиной 300 мм.

Пилоны – монолитные железобетонные из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 толщиной 300 мм.

Для расчета в режиме возведения рассматриваются только нагрузки от собственного веса (учитываются расчетным комплексом автоматически).

В исследованиях рассматривается основание, сложенное песчаными грунтами (грунты с малым временем консолидации): пески мелкие, прослоями средней крупности, средней плотности, маловлажные, с редкой дресвой (flgQIIms) $E=24$ Мпа; пески мелкие, прослоями пылеватые, плотные, слюдистые, глинистые, влажные и водонасыщенные К1) $E=33$ Мпа.

Деформационные характеристики основания приняты по модели с переменным коэффициентом постели (НИИСП им. Н.М. Герсеванова 9).

Для традиционной расчетной технологии (расчет полной несущей системы) коэффициент постели рассчитан для основного эксплуатационного периода – см. рис. 6. В рамках традиционной расчетной технологии расчета получены расчетные величины деформаций оснований и фундаментной плиты, соответствующих основному эксплуатационному периоду – см. рис. 7.

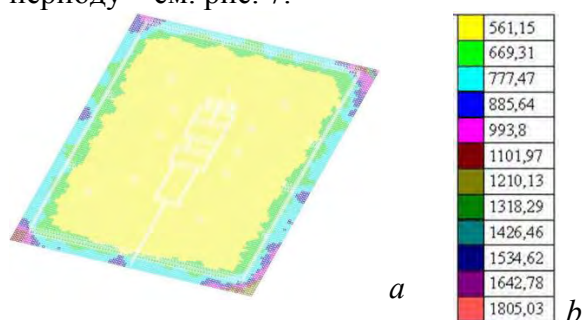


Рис. 6. Коэффициенты постели для расчета осадок по традиционной расчетной технологии (а) при действии комбинации нагрузок, соответствующих основному эксплуатационному периоду; цветовая шкала (б).

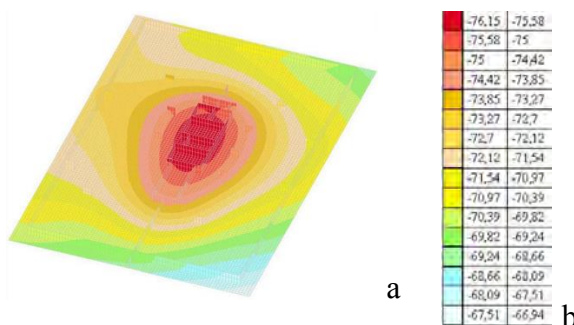


Рис. 7. Расчетные величины деформаций оснований и фундаментной плиты (а) при действии комбинации нагрузок, соответствующих основному эксплуатационному периоду (традиционная расчетная технология); цветовая шкала (б).

Расчетный прогноз деформаций основания в режиме возведения выполнен с учетом изменения величин коэффициентов постели как функции давления под подошвой фундамента от действия собственного веса несущих конструкций. Рассмотрено 9 этапов возведения несущей системы и 1 этап, соответствующий основному эксплуатационному периоду (расчетная модель последнего этапа по набору элементов соответствует последнему этапу возведения несущей системы) – см. рис. 8.

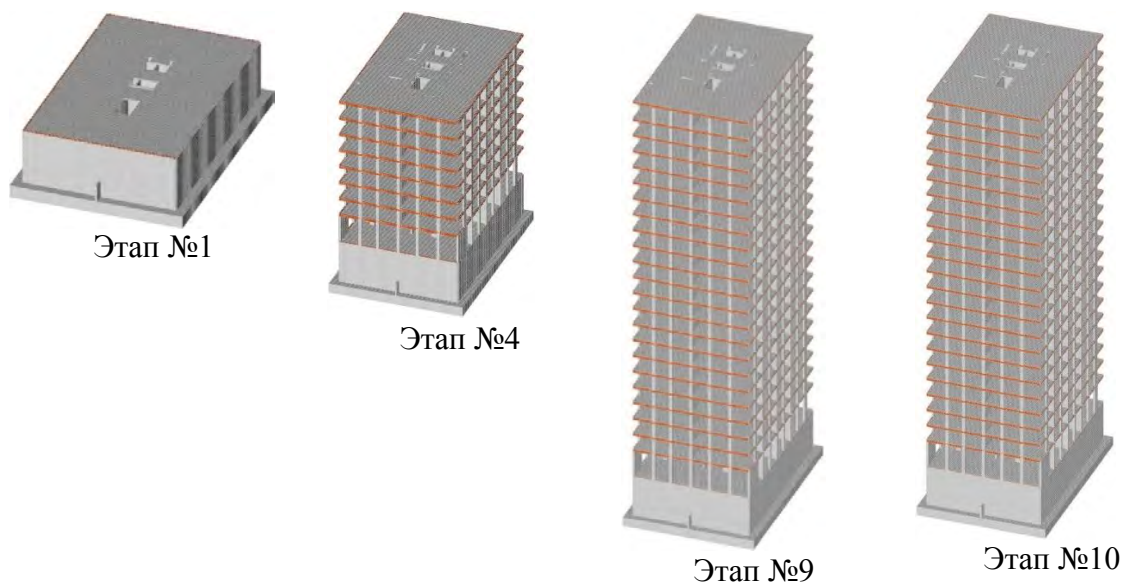


Рис. 8. Расчетные схемы несущей системы в режиме возведения

Для каждого этапа возведения несущей системы и для этапа основного эксплуатационного периода рассчитаны деформационные характеристики основания. На рис. 9. Приведено сопоставление результата расчета деформационных характеристик основания по двум расчетным технологиям.



Рис. 9. Обобщенный график коэффициентов постели в сопоставлении с результатами одномоментного расчета несущей системы для режима основного эксплуатационного периода

Анализ результатов расчетов деформационных свойств основания показывает хорошую сходимость результатов, полученных в рамках различных расчетных технологий – для режима основного эксплуатационного периода коэффициенты постели отличаются на 11,3%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет деформаций основания и армирования фундаментной плиты выполнен вычислительным комплексом SCAD 10. В результате расчетного анализа получены величины деформаций основания – обобщенный график вертикальных деформаций (осадок) основания по этапам существования несущей системы (этапы 1-9) и основного эксплуатационного периода (этап 10) в сопоставлении с результатами одномоментного расчета несущей системы для режима основного эксплуатационного периода представлен на рис. 10.



Рис. 10. Обобщенный график вертикальных деформаций (осадок) основания по этапам существования несущей системы в сопоставлении с результатами одномоментного расчета несущей системы для режима основного эксплуатационного периода

Анализ результатов расчетов вертикальных деформаций (осадок) основания демонстрирует существенно различные величины деформаций, полученные на основе различных расчетных технологий. Суммарная величина осадок, определенная по результатам одномоментного расчета несущей системы для основного эксплуатационного режима (76,15 мм), **на 47,5% превышает** аналогичную величину, определенную на основе рассмотрения взаимосвязанной системы расчетных ситуаций - поэтапного анализа деформаций в режиме возведения и последующего режима основного эксплуатационного периода.

Столь существенное уменьшение расчетных величин осадок определяется корректным учетом воздействия различных частей несущей системы на основание: на начальных этапах нагрузки от собственного веса малы по отношению к нагрузке от собственного веса полной несущей системы – такому уровню нагрузки соответствуют и более высокие значения коэффициентов постели. Более низкие величины нагрузок в сочетании с более высокими значениями коэффициентов постели определяют и меньшие величины осадок основания.

Результаты расчета деформаций основания определяют НДС монолитной железобетонной фундаментной плиты. Обобщенной характеристикой НДС железобетонных конструкций являются значения расчетного армирования. Расчет армирования выполнен для двух вариантов прогноза деформаций фундаментной плиты: вариант №1 - традиционный одномоментный расчет несущей системы и вариант №2 – многоэтапный расчет по системе расчетных ситуаций с наследованием деформаций от этапа к этапу (обобщенные результаты представлены на рис. 11).



Рис. 11. Обобщенные результаты расчета максимальных значений требуемого армирования по двум вариантам расчетного анализа несущей системы (1 – нижнее армирование вдоль оси X; 2 – верхнее армирование вдоль оси X; 3 - нижнее армирование вдоль оси Y; 4 - верхнее армирование вдоль оси Y)

Анализ результатов расчета армирования фундаментной плиты демонстрирует существенное превышение максимумов значений армирования, полученных по традиционной расчетной технологии (результаты многоэтапного расчета приняты за 100%):

- нижнее армирование вдоль оси X – 130,6%;
- верхнее армирование вдоль оси X – 160,95%;
- нижнее армирование вдоль оси Y – 129,52%;
- верхнее армирование вдоль оси Y – 209,4%.

ВЫВОДЫ

Учет изменения расчетной схемы в рамках жизненного цикла здания, а именно – модели внешних связей, соответствует действительным условиям формирования НДС несущих конструкций. Традиционная расчетная технология одноэтапного расчета с неизменяемыми (постоянными) составляющими расчетной модели не позволяет в принципе выполнить корректный расчетный прогноз НДС несущей системы зданий и сооружений в целом и фундаментных конструкций, в частности. Превышение расчетных величин деформаций основания при одноэтапном расчете составляет 47,5% по отношению к расчету, позволяющему учесть поэтапное изменение модели внешних связей. Большие величины деформаций основания (при одноэтапном расчете) определяют и существенно большие величины расчетного армирования фундаментной плиты. При этом значения максимумов армирования нижней зоны увеличиваются на 30%, а увеличение максимумов армирования верхней зоны достигают 109%.

Таким образом, корректный прогноз НДС фундаментных конструкций и величин армирования железобетонных фундаментных плит может быть получен на основе многоэтапной расчетной технологии с отслеживанием изменения модели внешних связей от этапа к этапу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гильман, Г.Б. Расчет пространственных систем с изменяющейся в процессе нагружения расчетной схемой [Текст] / Г.Б. Гильман, В.С. Борисенко // ЭВМ в исследованиях и проектировании объектов строительства. – Вып III. – К.: КиевЗНИИЭП, 1973. – С. 27–37.
2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: СКАДСОФТ, АСВ, ДМК Пресс, 2011. – 709 с.
3. Кабанцев, О.В. Метод расчета многоэтажных зданий с учетом процесса изменения расчетной схемы при различных режимах работы [Текст] / О.В. Кабанцев // Вестник МГСУ. – 2013. – №10. – С. 43-51.
4. Кабанцев, О.В. Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции [Текст] / О.В. Кабанцев, А.Г. Тамразян // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №5. – С. 15-26.
5. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой. - М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2015 - 148 с.
6. Кабанцев, О.В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации [Текст] / О.В. Кабанцев, А.В. Перельмутер // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – №5. – С. 6-14.
7. Федеральный закон №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
8. Государственный стандарт ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
9. Федоровский В.Г. Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для фундаментных плит [Текст] / В.Г. Федоровский, С.Г. Безволев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2000. - №4. С. 10-18.
10. Карпиловский В.С. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++ [Текст] /В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер, С.Ю. Фиалко, // - М.; Издательство "СКАД СОФТ", 2018. 948 С.

ВАРИАНТ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТЕРЖНЯ ДЛЯ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

О.А. Ковальчук

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, Kovalchuk@mgsu.ru

Аннотация

Настоящая статья посвящена формированию математической модели стержневого элемента конструкции на основе аналитических решений. Математическая модель, учитывающей физическое состояние элементов конструкции. В рассмотренном методе используются аналитические выражения для элементов каркаса и супер-элементный (СЭ) подход, для которого необязательно иметь дискретную конечно-элементную модель. Полученные аналитические выражения связывают состояние внутри элемента с состоянием в граничных узлах. Применение предлагаемой аналитической модели позволит выполнить статический расчет, определить перемещения, напряжения, деформации и провести анализ состояние несущих конструкций элементов каркасных здания. Полученные формулы являются основой для формулировки динамической задачи.

ВВЕДЕНИЕ

Математическое моделирование применяется при формулировании уравнений для расчета конструкций зданий на различные виды воздействия. В статье представлен аналитический подход к формированию моделей статики стержневых элементов каркаса здания.

Для рассматриваемой математической модели элемента применен метод суперэлементов (МСЭ) [0-3]. В связи с этим определения напряженно-деформированного состояния однородного элемента являются значения неизвестных функций перемещений в граничных узлах. При формировании аналитического решения можно получить систему уравнений, связывающую состояние в граничных узлах с состоянием внутри объекта исследований. Эта система будет иметь существенно меньший порядок, чем исходная, и может быть решена с меньшими затратами вычислительных ресурсов [4]. Тогда для типовых элементов конструкции можно использовать однотипные аналитические модели, что значительно упрощает моделирование и расчет.

ФОРМИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ

Будем считать элементы каркаса здания прямыми однородными стержнями постоянного поперечного сечения вне зависимости от распределения свойств по поперечному сечению.

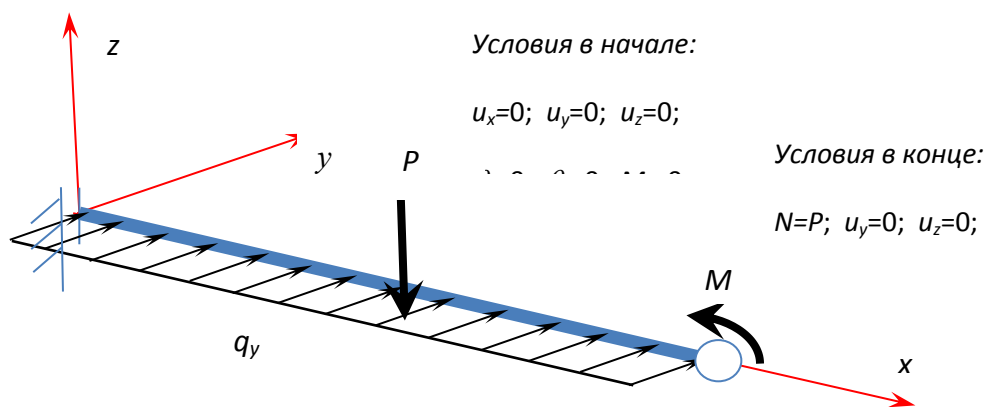


Рис. 1. Возможный вариант стержневого элемента конструкции

Получаем уравнения состояния стержня, записанные в локальной системе координат x , y , z (см. **Рис. 1**):

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= \frac{N}{EA}; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_x; \quad \frac{\partial w}{\partial x} = \theta_y; \\ \frac{\partial \theta_x}{\partial x} &= \frac{M_x}{GJ_p}; \quad \frac{\partial \theta_y}{\partial x} = -\frac{M_y}{EJ_y}; \quad \frac{\partial \theta_z}{\partial x} = -\frac{M_z}{EJ_z}; \\ \frac{\partial M_x}{\partial x} &= \rho J_p \frac{\partial^2 \theta_x}{\partial t^2} - m_x; \quad \frac{\partial M_y}{\partial x} = Q_z - m_y; \quad \frac{\partial M_z}{\partial x} = -Q_y - m_z; \\ \frac{\partial N}{\partial x} &= \rho A \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - q_x; \quad \frac{\partial Q_y}{\partial x} = \rho A \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - q_y; \quad \frac{\partial Q_z}{\partial x} = \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - q_z. \end{aligned} \quad (1)$$

К системе (1) необходимо добавить краевые и начальные условия.

Начальные условия:

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= u_1(x); \quad v(x, 0) = v_1(x); \quad w(x, 0) = w_1(x); \\ \theta_x(x, 0) &= \theta_{x1}(x); \quad \theta_y(x, 0) = \theta_{y1}(x); \quad \theta_z(x, 0) = \theta_{z1}(x); \\ \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) &= u_2(x); \quad \frac{\partial v}{\partial t}(x, 0) = v_2(x); \quad \frac{\partial w}{\partial t}(x, 0) = w_2(x); \\ \frac{\partial \theta_x}{\partial t}(x, 0) &= \theta_{x2}(x); \quad \frac{\partial \theta_y}{\partial t}(x, 0) = \theta_{y2}(x); \quad \frac{\partial \theta_z}{\partial t}(x, 0) = \theta_{z2}(x). \end{aligned} \quad (2)$$

Граничные условия для концов стержня следующие:

- перемещения:

$$\begin{aligned} u(0, t) &= u_3(t); \quad v(0, t) = v_3(t); \quad w(0, t) = w_3(t); \\ \theta_x(0, t) &= \theta_{x3}(t); \quad \theta_y(0, t) = \theta_{y3}(t); \quad \theta_z(0, t) = \theta_{z3}(t); \\ u(L, t) &= u_4(t); \quad v(L, t) = v_4(t); \quad w(L, t) = w_4(t); \\ \theta_x(L, t) &= \theta_{x4}(t); \quad \theta_y(L, t) = \theta_{y4}(t); \quad \theta_z(L, t) = \theta_{z4}(t). \end{aligned} \quad (3)$$

- силы:

$$\begin{aligned} N(0, t) &= N_3(t); \quad Q_y(0, t) = Q_{y3}(t); \quad Q_z(0, t) = Q_{z3}(t); \\ M_x(0, t) &= M_{x3}(t); \quad M_y(0, t) = M_{y3}(t); \quad M_z(0, t) = M_{z3}(t); \\ N(L, t) &= N_4(t); \quad Q_y(L, t) = Q_{y4}(t); \quad Q_z(L, t) = Q_{z4}(t); \\ M_x(L, t) &= M_{x4}(t); \quad M_y(L, t) = M_{y4}(t); \quad M_z(L, t) = M_{z4}(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Введем вектор состояния, объединяющий кинематические и силовые факторы:

$$\mathbf{y} = \{u \quad v \quad w \quad \theta_x \quad \theta_y \quad \theta_z \quad M_x \quad M_y \quad M_z \quad N \quad Q_y \quad Q_z\}(x, t). \quad (5)$$

Систему (1) записываем следующим образом:

$$\frac{\partial \mathbf{y}(x, t)}{\partial x} = \mathbf{D}\mathbf{y}(x, t) + \mathbf{M} \frac{\partial^2 \mathbf{y}(x, t)}{\partial t^2} - \mathbf{q}(x, t), \quad (6)$$

Матрица \mathbf{D} является обобщением принятых статических и геометрических условий, необходимых для вывода базовых аналитических уравнений, а матрица \mathbf{M} включает гипотезы для инерционных составляющих. Матрицы \mathbf{D} и \mathbf{M} не зависят от времени и координат.

Вектор внешних распределенных нагрузок:

$$\mathbf{q}(x, t) = \{0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad m_x \quad m_y \quad m_z \quad q_x \quad q_y \quad q_z\}(x, t). \quad (7)$$

Для статической задачи матрицу \mathbf{M} в (6) полагается равной нулю.

РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

При формулировке статической задачи (например, расчет на нагрузку в виде собственного веса) в уравнении (6) исключается член, зависящий от времени. Тогда из (6) получим неоднородное обыкновенное дифференциальное уравнение, связывающее нагрузку на стержневой элемент с перемещениями и внутренними усилиями:

$$\frac{\partial y(x)}{\partial x} = Dy(x) - q(x). \quad (8)$$

Решение системы (8) состоит из фундаментальной составляющей и частного решения, соответствующего вектору $q(x)$ [5, 6].

Так можно решать задачу о статическом состоянии стержня, если заданы условия закрепления (см. выше) и действующие на стержень нагрузки (7). Состояние в любой точке стержня определяется формулой, вытекающей из принятого метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений: из (6) при $M=0$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каркасные здания имеют в качестве несущих конструкций стержневые элементы. Таким образом, использование разработанной математической модели для стержневых элементов является обоснованным. Перспективной представляется задача развития предложенного метода для выполнения динамических расчетов [7, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С. Возможности применения суперэлементов при решении различных задач строительной механики // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2015. № 6 (263). С. 51–56.
2. Плетнев В.И., Сергеев М.В. Суперэлементный расчет зданий и сооружений в форме метода сил. // *Известия вузов. Строительство и архитектура*. 1998. № 10. С. 116–119.
3. Огурцов Ю.Н. Реализация многоуровневого суперэлементного подхода к расчету конструкций. // *Строительная механика и расчет сооружений* 1989. № 5. С. 50–54.
4. Саинов М.П. Возможность применения метода подконструкций к решению нелинейных задач напряжённо-деформированного состояния плотин // *Вестник МГСУ*. 2010. № 4-2. С. 339–345.
5. Перегудов Ф.И. Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М., Высшая школа. 1980. 367с.
6. Шостак Р.Я. Операционное исчисление. М., Высшая школа. 1972. 279с.
7. Ковальчук О.А. Аналитические решения для элементов конструкций каркасного здания // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 9. С. 70–73.
8. Ковальчук О.А. Моделирование пространственных стержневых систем методом конечных элементов. // *Строительство: наука и образование*. 2012. № 1. С. 1–6.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРТОТРОПНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛИТ ДОРОЖНОГО НАСТИЛА

А.В. Коргин¹, В.А. Романец², Л.З. Зейд Килани³, В.А. Ермаков⁴

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹korguine@mgsu.ru

²vromanets@yandex.ru

³ZeydKilaniLZ@mgsu.ru

⁴ermakov@mgsu.ru

Аннотация

Алюминиевые ортотропные плиты имеют преимущества при использовании в мостовых сооружениях в качестве дорожного полотна. Авторами проведен анализ и обзор зарубежного опыта проектирования и испытаний алюминиевых ортотропных плит, на основе которых определены преимущества данных конструкций перед тяжелыми железобетонными элементами и другими строительными материалами.

В ходе работы авторами проведен анализ различных конструктивных схем алюминиевых ортотропных плит дорожного полотна (формы поперечного сечения, условия опирания, условия закрепления) использованных при проектировании и испытании аналогичных конструкций. Авторами проведено моделирование различных расчетных схем, выбрана наиболее оптимальная форма для изготовления и дальнейших испытаний. Расчетным путем при помощи численного моделирования (метод конечных элементов) было определено напряженное-деформированное состояние (НДС), включая внутренние усилия, деформации и прогибы от расчетных нагрузок от автомобильного транспорта в соответствии с СП.

На основе данного анализа был определен дальнейший план изучения, испытания и разработки алюминиевых ортотропных плит и предложен вариант данной конструкции для применения на территории Российской Федерации.

ВВЕДЕНИЕ

В 2019 году в Российской Федерации был выпущен СП 443.1325800.2019 Мосты с конструкциями из алюминиевых сплавов [1]. Настоящий свод правил распространяется на проектирование новых и реконструируемых мостовых сооружений, предназначенных для пропуска пешеходов. То есть на конструкции, лишенные циклических нагрузок.

Однако, зарубежный опыт проектирования и эксплуатации мостов [2-5] из алюминиевых сплавов показывает, что область применения данных материалов может быть шире.

Так, например, одной из ниш применения алюминиевого сплава в мостостроении является укладка ортотропных плит на существующие несущие конструкции мостов при их реконструкции. Данный подход является перспективным и в России, так как количество мостов с превышенным нормативным сроком эксплуатации только растет. Легкость ортотропных плит из алюминиевых сплавов позволит проводить реконструкцию железобетонных мостов в кратчайшие сроки.

В рамках продолжения работы над сводом правил авторами статьи была проведена работа по проектированию ортотропной плиты. Работа велась с учетом зарубежного опыта, возможностей изготовителей в России и сопровождалась моделированием работы плиты в программном комплексе ANSYS.

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ

В ходе рассмотрения отечественного опыта проектирования ортотропных плит было определено, что в СССР еще в 1968 году были выпущены «Рекомендации по проектированию стальных ортотропных плит проезжей части автодорожных мостов» [6].

Среди достоинств применения плит авторы рекомендаций отмечают небольшой собственный вес плит (в 3-4 раза меньше, чем вес железобетонных), экономию металла по сравнению со сталежелезобетонными мостами, сокращение сроков строительства и др.

При этом действительная несущая способность ортотропных плит, определенная с учетом пластической работы материала, значительно превышает установленную в предположении только упругой работы, что обусловлено перераспределением усилий между элементами конструкций и мембранным эффектом.

Плиты, спроектированные по данным рекомендациям, допускалось не рассчитывать на выносливость впрямь до уточнения основных принципов расчетов выносливости автодорожных мостов.

Данные разработки относятся только к стальным ортотропным плитам и конструктивно отличаются от применяемых сегодня ортотропных плит [6].

Наиболее масштабные испытания работы современных ортотропных плит из алюминиевых сплавов проводятся в США [7].

Так, например, специалистами транспортного центра Кентукки была проведена реконструкция моста с использованием ортотропных плит из алюминиевого сплава [8]. Плита спроектирована специальным образом, чтобы обеспечить удобное соединение плит и существующих стальных балок. Сначала отдельные секции плит выдавливаются на экструдере, а потом свариваются между собой с помощью сварки трением с перемешиванием (СТП) (рис. 1, 2).

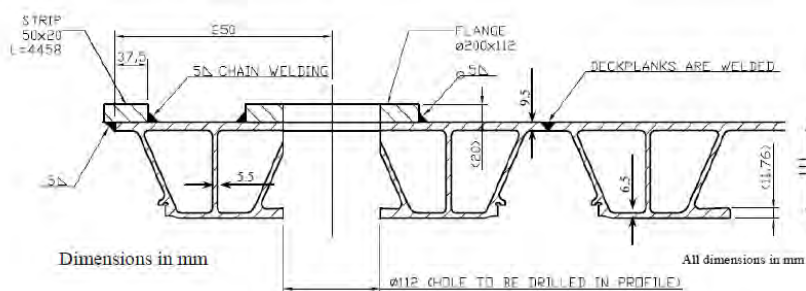


Рис. 1. Схема поперечного сечения ортотропной плиты



Рис. 2. Внешний вид экструдированной плиты

Плиты на балки укладываются ребрами поперек движения автомобилей.

Закрепление плит осуществлялось с помощью подпружиненных крепежных элементов, обеспечивающих постоянство усилия соединения в течение срока эксплуатации под действием динамических циклических нагрузок (рис. 3)



а)



б)

Рис. 3. Закрепление плит к балкам моста: а) общий вид процесса монтажа; б) узел крепления

Для защиты конструкций от электрохимической коррозии между балками и плитами были наклеены изолирующие пластины.

По заключению авторов исследования после четырех лет эксплуатации алюминиевые плиты выглядят в идеальном состоянии. На стальных гайках и зажимных механизмах, фиксирующих плиты, не наблюдалось значительного окисления, изменения цвета или повреждений.

Наиболее подробные исследования и испытания ортотропных плит проведены департаментом Флориды в 2017 году.

Для замены стального настила морского моста Паркуэй было спроектировано два поколения ортотропных плит. Плита второго поколения представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Внешний вид плиты второго поколения, установленной на балке с дорожным покрытием

Первое поколение плит было использовано как опытная конструкторская разработка, на которой апробировались методы экструзии и сварки трением с перемешиванием.

В результате данных экспериментов был получен опыт, который позволил создать второе поколение плит. Авторы отмечают следующие их достоинства по сравнению с первым поколением:

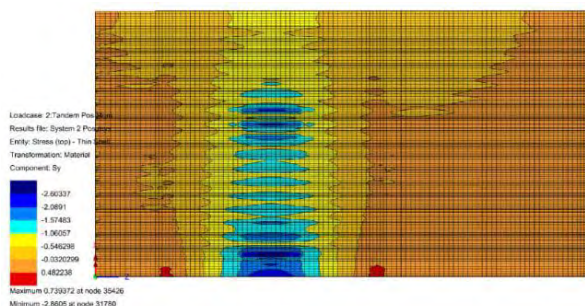
- экструдированные секции получились длиннее и шире;
- уменьшено количество соединений;
- увеличена точность изготовления (ровность поверхностей);
- снижены затраты на изготовление.

Усталостные испытания плит и проверка истираемости дорожной одежды проводились одновременно на уникальной машине, моделирующей проезд тяжелого автомобиля (рис. 5).



Рис. 5. Усталостные испытания плит и проверка истираемости дорожной одежды

Специалисты провели подробное конечно-элементное моделирование с определением напряженно-деформированного состояния плит, оценили особенности распределения напряжений и деформаций (рис. 6 а,б)



а)



б)

Рис. 6. Результаты численного моделирования: а) расчетная модель с использованием пластинчатых элементов; б) расчетная модель с использованием объемных элементов

Изучены вопросы закрепления плит к балкам, рассмотрены варианты применения болтов с гайками и заклепочных болтов, позволяющих закреплять при одностороннем доступе к конструкции.

Аналогичные исследования, сопровождаемые статическими и усталостными испытаниями, проводились и в других странах [3,9-11] (рис. 7 а,б).



а)



б)

Рис. 7. Статические испытания ортотропных плит: а) испытания одной экструдированной секции плиты; б) испытания целой ортотропной плиты

Таким образом, при проектировании плит авторам статьи потребовалось решать следующие задачи:

1. Обеспечение прочности и жесткости ортотропных плит при статических нагрузках.
2. Обеспечение выносливости плит при циклической нагрузке.
3. Учет требований к форме и размерам плит завода изготовителя.
4. Проработка закрепления плит в будущем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании изучения зарубежных работ и исследований в области проектирования алюминиевых ортотропных дорожных плит, а также на основании численного моделирования были спроектированы 2 секции, крайняя (рис. 8а) и рядовая (рис. 8б) поперечного сечения плиты. Данные секции, в зависимости от параметров моста, собираются в единую ортотропную плиту за счет предусмотренных соединяющих полок (рис. 8в)

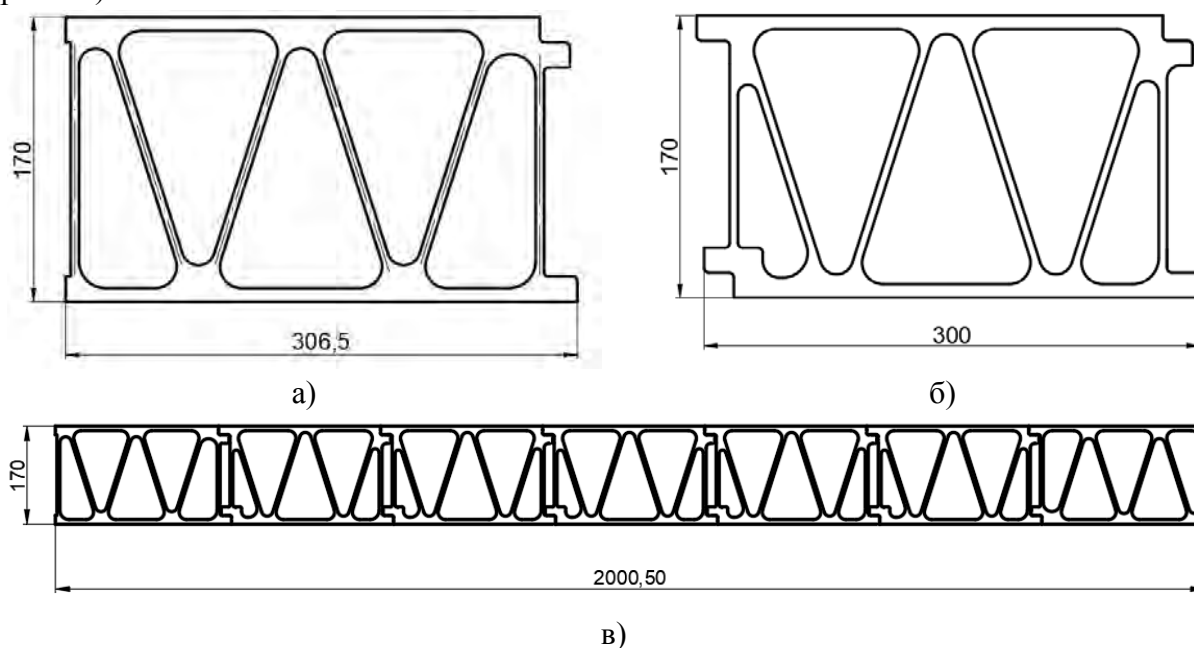


Рис. 8. Ортотропные профили: а) крайняя секция плиты; б) рядовая секция плиты; в) плита в сборе

Сбор нагрузок производился по СП35.13330.2011. Расчет произведен в программном комплексе ANSYS для нагрузки от тележки АК14. Габариты исследуемой плиты составляют $4 \times 2 \times 0,17$ м. Для повышения точности расчета модель набрана объемными конечными элементами (рис. 9). Закрепление плиты производилось по всему контуру.

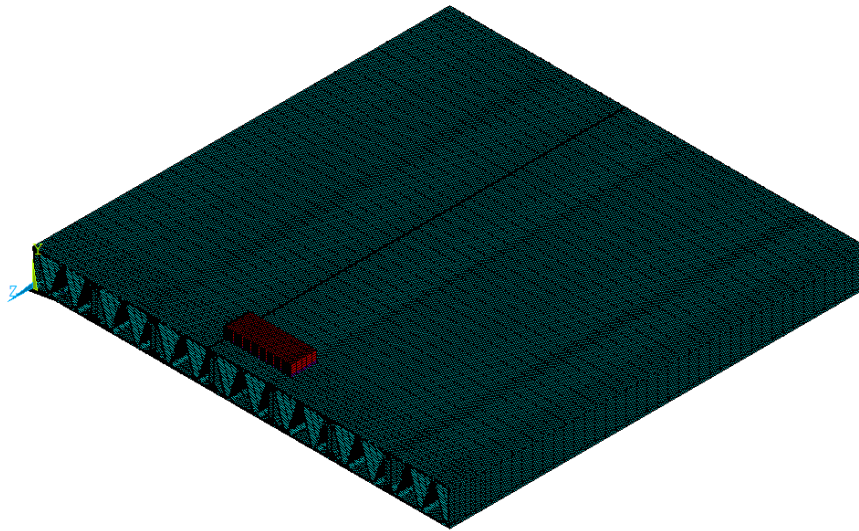


Рис. 9. Конечно-элементная модель плиты, с разрезом по оси симметрии

Результаты численного моделирования представлены на рисунке 10. Для наглядности все результаты расчета представлены для половины плиты, разрезанной по оси симметрии.

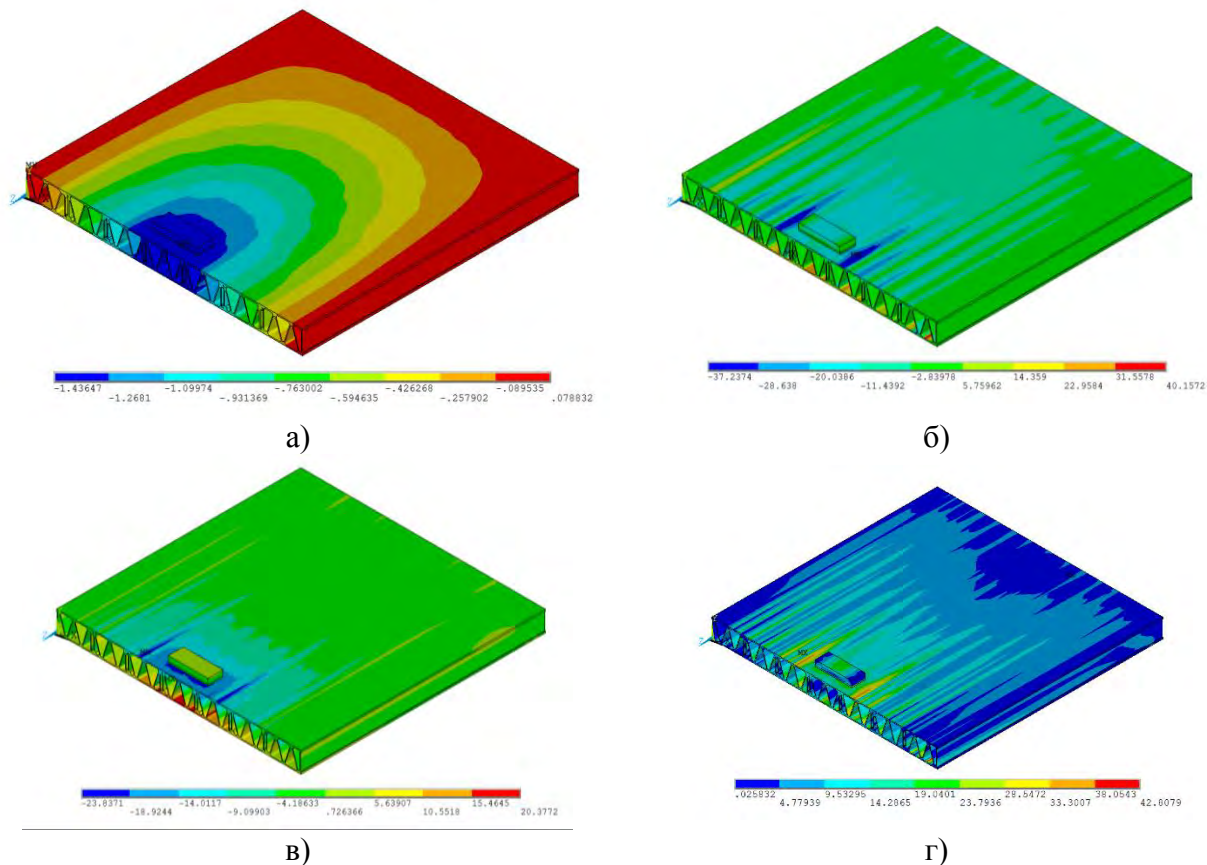


Рис. 10. Результаты численного моделирования при расчетной нагрузке от тележки АК14:
 а) прогибы, мм; б) напряжения по оси X, МПа; в) напряжения по оси Z, МПа; г) напряжения по Мизесу, МПа

По результатам численного моделирования работы плиты под статической нагрузкой были получены следующие максимальные параметры:

- прогиб плиты составил 1,43 мм;
- напряжения по оси X (направление поперек плиты) составили от -37,23 до 40,15 МПа;

- напряжения по оси Z (направление вдоль плиты) составили от 23,84 до 20,38 МПа;
- напряжения по Мизесу составили 42,8 МПа.

ВЫВОДЫ

Дорожные плиты из алюминиевых сплавов, имеют ряд преимуществ, таких как легкость, что позволяет доставлять готовые плиты на объект строительства, что, в свою очередь ускоряет монтаж и процесс строительства в целом.

Спроектированная плита удовлетворяет как условиям прочности, так и жесткости. Напряжения, возникающие в плите, удовлетворяют проверке на усталостные нагрузки, а также имеют значительные запасы прочности при одновременном нагружении.

В рамках дальнейших исследований запланированы статические и усталостные испытания запроектированных плит.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 443.1325800.2019. Свод правил. Мосты с конструкциями из алюминиевых сплавов.
2. Road and pedestrian bridges in aluminium, Executive Summary, Report on visits and meetings in Sweden, Holland, and the United States// Aluminium Association of Canada. 2015.
3. Høglund T., Nilsson L. Aluminium in Bridge Decks and in a New Military Bridge in Sweden // Structural Eng. Int. 2006. № 4. Pp. 348-351
4. Das S.K., Kaufman J.G. Aluminium alloys for bridges and bridge decks// The Minerals, Metals & materials Society. 2007. Pp. 61-72.
5. Siwowski T., Aluminium bridges - Past, Present and Future // Structural Engineering International. 2006. Vol. 4. Pp. 286-293.
6. Рекомендации по проектированию стальных ортотропных плит проезжей части автодорожных мостов // ЦНИИС. 1968
7. aluminum lightweight orthotropic deck evaluation project // Florida department of transportation. 2017.
8. development and deployment of aluminum bridge decks // kentucky transportation center. 2012.
9. Siwowski T. Structural behavior of aluminium bridge deck panels // Engineering structures. 2009. Vol. 31. Pp. 1349-1353.
10. Siwowski T. Test and finite element Analysis of an "Aluminium Lightweight Concrete" Composite Girder // structural Engineering. International. 2006. Vol. 16. Pp. 319-325.
11. Siwowski T., Lakota W. Numerical and experimental dynamic analysis of aluminium bridge deck panel // Archives of Civil Engineering. 2005. Vol. 51. Pp. 587-607.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю.С. Кунин¹, А.А. Синеев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹orzs@mail.ru

²sineevanton@mail.ru

Аннотация

В несущих строительных алюминиевых конструкциях наиболее часто применяются такие механические крепежные изделия как болты, алюминиевые или стальные. В некоторых случаях могут применяться сплошные заклепки, однако в настоящее время они считаются устаревшими и неэкономичными. Вместе с тем, в тонкостенных конструкциях, стальных и алюминиевых, широко применяют специальные заклепки различных конструкций, например, так называемые вытяжные заклепки.

По сравнению со сварными соединениями механический крепеж имеет то преимущество, что при его применении для алюминиевых конструкций не происходит никакой потери прочности из-за нагрева. Более того, механический крепеж легко применяется непосредственно на строительной площадке, а сварка алюминиевых сплавов — это заводская операция. Поэтому для несущих алюминиевых конструкций болтовые соединения являются приоритетными при монтажной сборке на строительной площадке.

Для фрикционных соединений на высокопрочных болтах в настоящее время применяются стальные болты. Формула (91), представленная в СП 128.13330, справедлива только при отсутствии обработки соединяемых поверхностей. Таким образом для любых способов обработки соединяемых поверхностей алюминиевых конструкций отсутствует действующий способ расчета, что приводит к невозможности использования фрикционных соединений алюминиевых конструкций. При этом конструирование соединений на высокопрочных болтах без обработки соединяемых поверхностей в большинстве случаев неэкономично ввиду значительного снижения несущей способности, по сравнению с соединениями, поверхность которых обработана. Таким образом проводимые исследования позволят определить необходимые коэффициенты для расчета вышеуказанных соединений для различных способов обработки поверхности, сделав возможным их расчет и конструирование.

ВВЕДЕНИЕ

В конструкциях из алюминия используют алюминиевые болты, стальные из стали обычной и высокой прочности (высокопрочные болты), алюминиевые болты с обжимными кольцами. Во избежание электрохимической коррозии стальные болты и шайбы оцинковывают или кадмируют.

Болты с обжимными кольцами, так называемые лок-болты, установка которых в соединениях производится с помощью специального пневматического инструмента, повышают производительность труда на монтаже в 1,5—2 раза. Такие болты из дуралюмина диаметром 9,5 мм были применены при строительстве купола выставочного павильона в Сокольниках [3].

Нормы и правила расчета и конструирования монтажных соединений на высокопрочных стальных болтах регламентируются пунктом 10.3 [1], в частности формула расчетного усилия, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним высокопрочным болтом:

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh}\gamma_b A_{bn}\mu}{\gamma_h} (91)[1]$$

где:

R_{bh} - расчетное сопротивление растяжению высокопрочного болта, определяемое по соответствующим нормативным документам;

γ_b - коэффициент условия работы соединения, принимаемый равным 0,8;

A_{bn} – площадь сечения болта нетто, определяемая по соответствующим нормативным документам;

μ – коэффициент трения, принимаемый по таблице 40 [1];

γ_h - коэффициент, принимаемый по таблице 42 [2].

При этом использование коэффициента γ_h требует уточнения по ряду вопросов. Рассмотрим таблицы 40 [1] и 42 [2]:

Таблица 40 [1]

Способ обработки соединяемых поверхностей	Пескоструйная очистка	Травление поверхности	Без обработки (после обезжиривания)
Коэффициент трения μ	0,45	0,4	0,15

Таблица 42 [2]

Способ обработки (очистки) соединяемых поверхностей	Коэффициент трения μ	Коэффициент γ_h при контроле натяжения болтов по моменту закручивания при разности номинальных диаметров отверстий и болтов δ , мм, при нагрузке	
		динамической $\delta = 3-6$; статической $\delta = 5-6$	динамической $\delta = 1$; статической $\delta = 1-4$
Дробеметный или дробеструйный двух поверхностей без консервации	0,58	1,35	1,12
Газопламенный двух поверхностей без консервации	0,42	1,35	1,12
Стальными щетками двух поверхностей без консервации	0,35	1,35	1,17
Без обработки	0,25	1,70	1,30

При анализе данных, представленных в этих двух таблицах, видно, что для алюминия можно использовать только коэффициент 1,7 и 1,3, так как другие способы обработки, кроме «без обработки», из таблицы 42[2] отсутствуют для алюминия в таблице 40[1]. Это обстоятельство требует решения следующих вопросов:

- как применять формулу (91) [1] при травлении или пескоструйной очистке;
- почему для алюминия не рассмотрены способы обработки (подготовки) поверхности, представленные в таблице 42 [2], такие как газопламенный, дробемётный и стальными щетками. Можно ли использовать эти способы для алюминия и какой в таком случае коэффициент трения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для ответа на эти вопросы предполагается выполнить серию статических испытаний элементов фрикционного соединения алюминиевых конструкций на стальных болтах. Чертежи образцов представлены на рисунке 1.

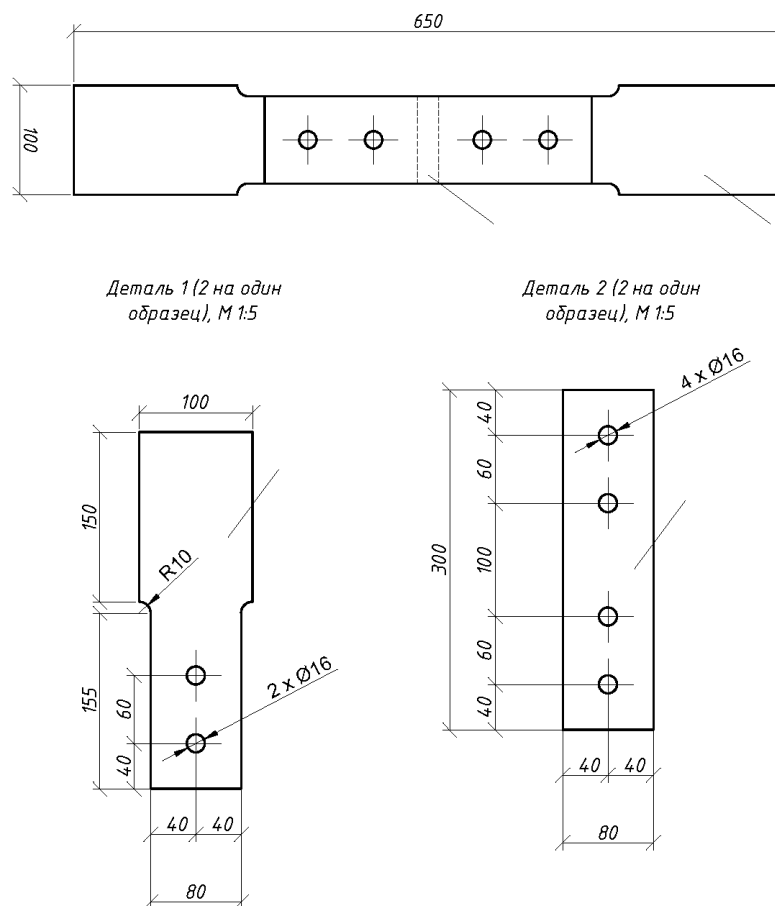


Рис. 1. Образцы для статических испытаний фрикционных соединений.

Данные образцы будут растягиваться при постоянном приросте нагрузки до разрушения. Будет использована гидравлическая испытательная машина Instron 1000 HDX.

Предполагается использовать разные способы обработки соединяемых поверхностей: металлическими щётками, газопламенный, травление поверхности, пескоструйный, дробемётный и без обработки. При этом испытания образцов без обработки поверхностей должны подтвердить достоверность коэффициентов таблицы 42[2]. В таком случае для алюминия можно будет определить коэффициенты трения и коэффициент γ_h в зависимости от способа обработки поверхностей.

Образцы растягивались на испытательной машине Instron 1000HDX (фото 1, 2).



Фото 1. Серия образцов для статического растяжения. Поверхности трения обезжирены.



Фото 2. Образец в испытательной машине Instron 1000HDX.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диаграммы «Нагрузка-перемещение» серий образцов представлены на рисунках 2-3. За момент потери несущей способности фрикционного соединения принимается момент проскальзывания пластин испытуемых образцов. На диаграммах этот момент выражается резким падением нагрузки (рисунок 2) либо резким изменением наклона касательной к графику (рисунок 3).

Согласно результатам проведённых испытаний:

1. Образцы без предварительной обработки соединяемых поверхностей.

Момент потери несущей способности варьируется в пределах 48 – 78 кН.

Момент затяжки не оказывает прямого влияния на несущую способность (см. таблицу 1). Причиной этого является, очевидно, разное качество поверхностей трения.

Таблица 1. Нагрузка при потере несущей способности образцов без обработки контактных поверхностей.

п/п	Маркировка образца	Момент затяжки, Н-м	Нагрузка потери несущей способность, кН
	60 Н-м, образец 1	60	70,38
	60 Н-м, образец 2	60	48,22
	80 Н-м, образец 1	80	71,63
	80 Н-м, образец 2	80	63,37
	100 Н-м, образец 1	100	61,94
	100 Н-м, образец 2	100	76,62

2. Образцы с обработкой соединяемых поверхностей металлическими щетками.

Для всех образцов момент потери несущей способности наступает при 80 кН.

Момент затяжки способствует более стабильной работе образцов, после потери несущей способности (выражено в наклоне касательной к графику, рисунок 3).

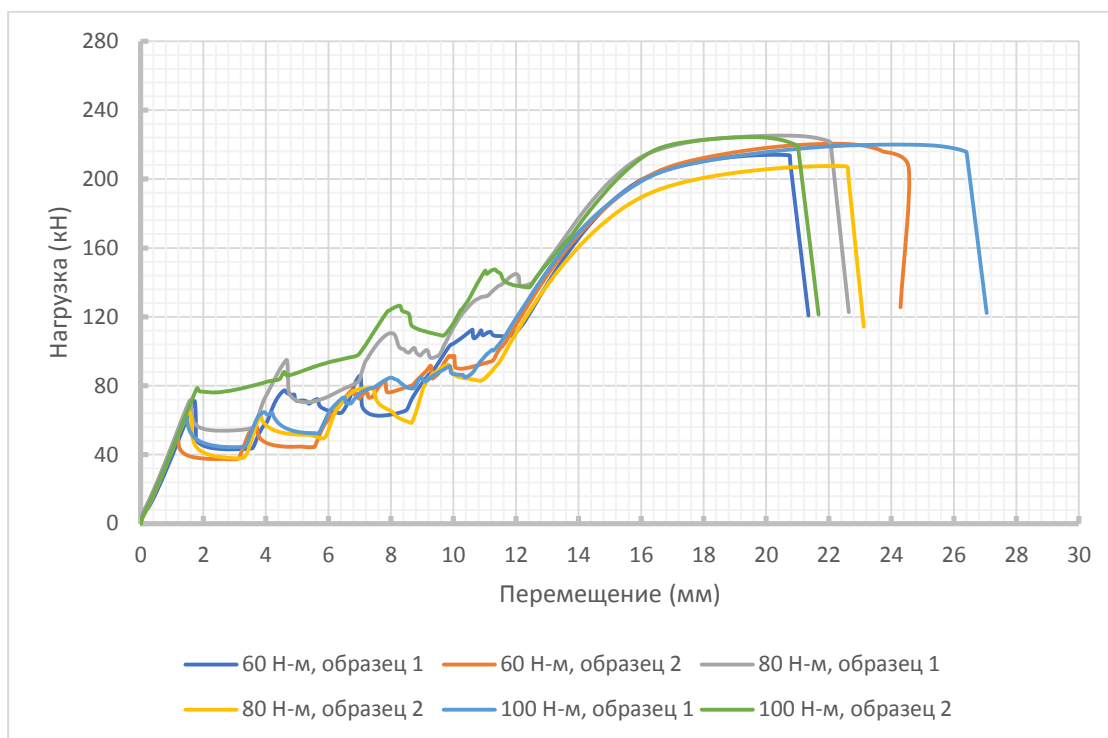


Рис. 2. Поверхности трения обезжирены.

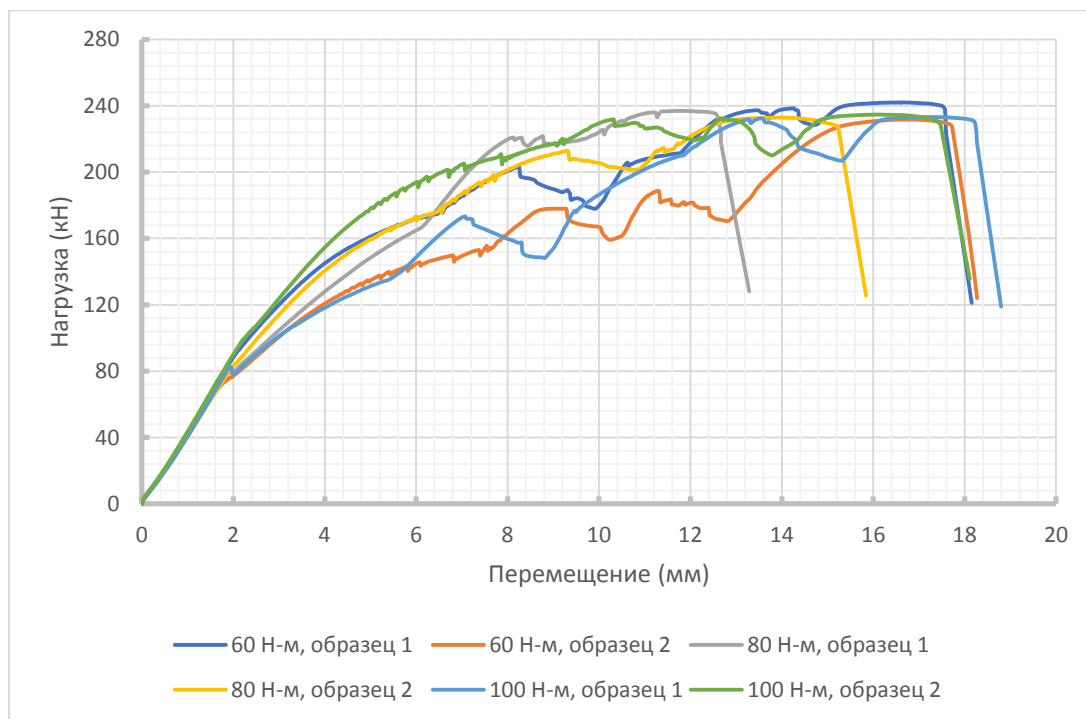


Рис. 3. Поверхности трения обработаны металлическими щетками и обезжирены.

При этом при расчете по формуле 91 [1]:

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu}{\gamma_n} \quad (91)[1]$$

получаем несущую способность соединения, равную 38,59 кН при затяжке болтов, равной 100 Н-м на каждом.

При том, что, если бы был приложен момент затяжки 210 Н-м, как регламентируется нормативными документами, несущая способность составила бы 77,17 кН. Меньший момент затяжки был выбран, чтобы предотвратить пластические деформации в алюминии от вдавливания шайб (фото 3).



Фото 3. След от вмятия шайбы в алюминий при моменте затяжки 100 Н-м.

ВЫВОДЫ

Таким образом: во-первых, подтвердились актуальность формулы 91 [1] и правильность проведенного эксперимента (рассчитанная несущая способность совпала с определённой экспериментально), во-вторых, появилась возможность, проведя серию экспериментов с

разными способами обработки поверхностей, определить для каждого способа коэффициент γ_h . Для этого, однако, необходимо провести серию экспериментов по определению коэффициентов трения для разных способов обработки поверхностей.

Стоит так же отметить, что способ обработки повлиял на характер деформирования образцов при разрушении (фото 4, 5). Так у образцов без обработки поверхностей присутствует значительная деформация от смятия металла соединяемых элементов (фото 4). В то время как у образцов, обработанных металлическими щетками, такой тип деформации никак себя не проявил (фото 5). При том что все образцы разрушались по ослабленному сечению, близкому к захвату испытательной машины.

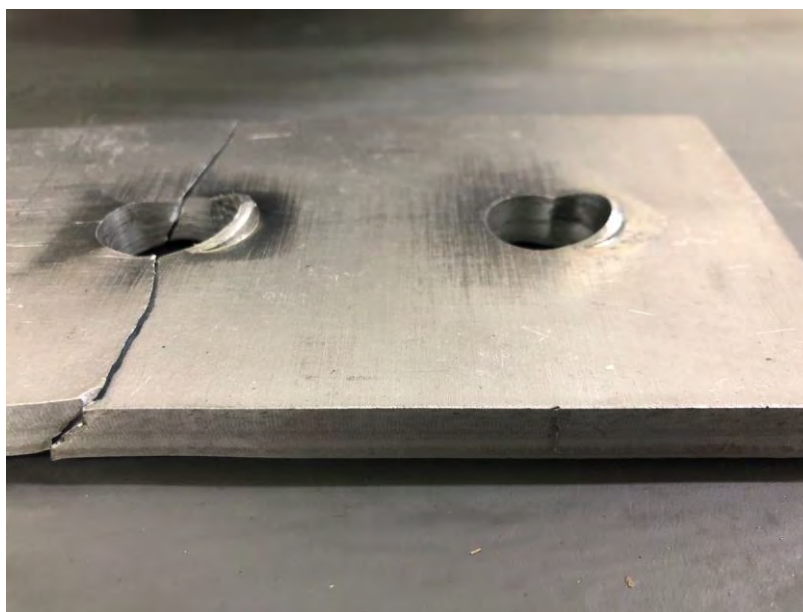


Фото 4. Разрушение образца без обработки. Наличие значительной пластической деформации от смятия.

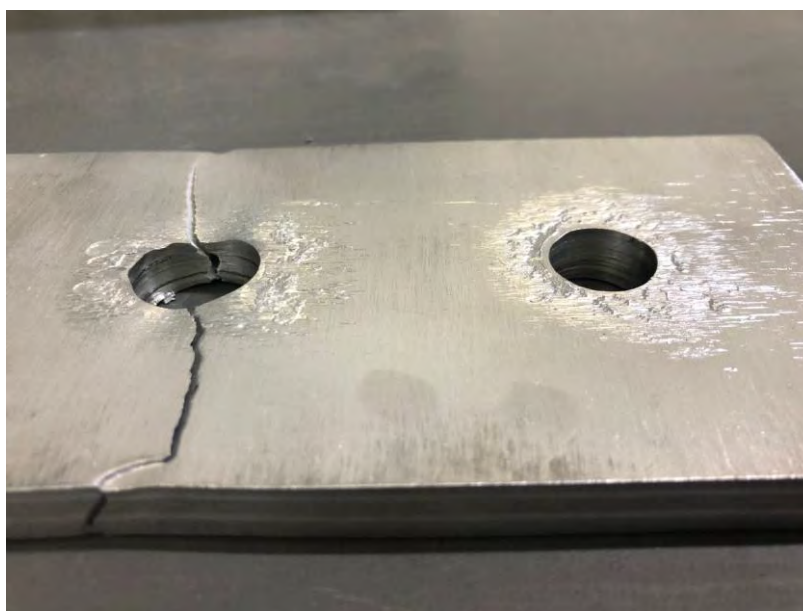


Фото 5. Разрушение образца с обработкой металлическими щетками. Почти полное отсутствие пластических деформации от смятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 128.13330.2016 Аллюминиевые конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85.
2. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81.
3. Заклепочные и болтовые соединения алюминированных конструкций // ctcmetar.ru: Строительство Ремонт Недвижимость Дизайн. 2016. URL: <http://ctcmetar.ru/metallicheskie-konstrukcii/1733-zaklepochnye-i-boltovye-soedineniya-alyuminievyyh-konstrukciy.html>
4. Трофимов В.И. Аллюминиевые конструкции: Справочное пособие // М.: Стройиздат, ЦНИИ строит. конструкций им. В.А. Кучеренко, 1978. — 154 с.
5. Артемьева И.Н. Аллюминиевые конструкции // Л., Стройиздат, Ленингр. отделение, 1976, 208 с.
6. Попов С.А. Аллюминиевые строительные конструкции // Изд. 2-е. Уч. пособие для строит. вузов. М., изд-во «Высшая школа», 1969 г. 320 с.
7. Богданов Т.М., Богомолова А.Д., Новожилова Н.И. Соединения в строительных конструкциях из алюминия // М., Центральный институт научной информации по строительству и архитектуре, 1959 г. 52 с.

СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ ПЛИТ СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ

А.Н. Леонтьев¹, Т.Н. Горбунова², К.В. Баландина³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹LeontievAN@mgsu.ru

²GorbunovaTN@mgsu.ru

³ksuuu-balandina@yandex.ru

Аннотация

Широко распространенным элементом строительных конструкций являются прямоугольные плиты с различными закреплениями контура, важнейшей динамической характеристикой которых являются частоты собственных колебаний.

Техническая теория изгиба плит, предложенная Г.Кирхгофом, хорошо описывает напряженно-деформированное состояние достаточно тонких плит, однако при увеличении толщины результаты могут оказаться не совсем корректными, и их работа под нагрузкой значительно точнее описывается теорией плит средней толщины.

К этому направлению относятся работы ряда ученых (Э.Рейснер и другие), в том числе, и теория, разработанная Б.Ф. Власовым и успешно реализованная в ряде работ.

В представленном докладе проводится сравнение частот, получаемых по классической теории тонких пластинок и уточненной теории плит средней толщины. Рассматривается прямоугольная плита с шарнирным закреплением по контуру. Для определения основной частоты используется вариационный метод Бубнова-Галеркина. Показано, что при относительной толщине плиты $h/a = 0,2$ уточнение расчета составляет примерно 15-20% для значений основной частоты собственных колебаний прямоугольной пластины.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей динамической характеристикой элементов строительных конструкций, в том числе и прямоугольных плит, являются частоты собственных колебаний. Теория плит средней толщины, разработанная Б.Ф.Власовым, позволяет корректнее учитывать граничные условия на свободном краю, чем техническая теория изгиба плит, предложенная Г.Кирхгофом.

В соответствии с моделью Б.Ф. Власова напряженно-деформированное состояние прямоугольной плиты средней толщины, находящейся под действием поперечной нагрузки $p(x,y)$, сводится к определению двух искомых функций $f(x,y)$ и $\varphi(x,y)$ из решения системы двух дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} D\nabla^2\nabla^2 f = p(x,y), \\ \nabla^2\varphi = \frac{2Gh}{D(1-\nu)}\varphi. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $D = Eh^3(12(1-\nu^2))^{-1}$ – цилиндрическая жесткость плиты, E, G – модули упругости и сдвига материала плиты, h – её толщина, ν – коэффициент Пуассона материала, ∇^2 – оператор Лапласа.

Прогиб плиты $w(x,y)$ связан с искомой функцией $f(x,y)$ соотношением:

$$w = f - \frac{D}{Gh}\nabla^2 f. \quad (2)$$

При рассмотрении собственных колебаний, в соответствии с принципом Даламбера, в качестве внешней нагрузки принимаются инерционные силы, равные $-m\ddot{w}$, где m – распределенная масса плиты, а точки над функцией w обозначают дифференцирование по времени.

В этом случае первое уравнение системы (1) принимает вид:

$$D\nabla^2\nabla^2 f + m\ddot{w} = 0. \quad (3)$$

Учитывая соотношение (2), уравнение (3) запишем в виде:

$$D\nabla^2\nabla^2 f + m\left(\ddot{f} - \frac{D}{Gh}\nabla^2\ddot{f}\right) = 0. \quad (4)$$

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рассматриваемой постановке функция f зависит, как от координат, так и от времени:

$f(x, y, t)$, поэтому, в соответствии с методом Фурье, представим её в виде произведения двух функций, одна из которых зависит только от координат, а вторая – от времени:

$$f(x, y, t) = W(x, y) \cdot T(t). \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в уравнение (4), получаем:

$$D\nabla^2\nabla^2 W \cdot T + m\left(W - \frac{D}{Gh}\nabla^2 W\right) \cdot \ddot{T} = 0. \quad (6)$$

Традиционная для метода Фурье процедура разделения переменных приводит к следующим соотношениям:

$$\frac{D}{m} \frac{\nabla^2\nabla^2 W}{W - \frac{D}{Gh}\nabla^2 W} = -\frac{\ddot{T}}{T} = \tilde{\omega}^2,$$

из которых для функции $T(t)$ получим уравнение гармонических колебаний:

$$\ddot{T}(t) + \tilde{\omega}^2 T(t) = 0,$$

а для функции $W(x, y)$ – уравнение:

$$\frac{D}{m} \nabla^2\nabla^2 W - \tilde{\omega}^2 \left(W - \frac{D}{Gh}\nabla^2 W\right) = 0, \quad (7)$$

при помощи которого, в зависимости от вида граничных условий, можно определить значения частот собственных колебаний $\tilde{\omega}^2$.

Рассмотрим прямоугольную пластину, шарнирно опертую по всем сторонам. В этом случае прогиб $W(x, y)$ можно представить в виде двойного тригонометрического ряда, удовлетворяющего всем граничным условиям:

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \sin \frac{i\pi x}{a} \sin \frac{j\pi y}{b}. \quad (8)$$

Здесь a и b – размеры пластины в плане. Подставляя ряд (8) в уравнение (7), получим для каждой пары номеров (i, j) уравнение вида:

$$\frac{D\pi^4}{m} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right]^2 - \tilde{\omega}^2 \left\{ 1 + \frac{D\pi^2}{Gh} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right] \right\} = 0, \quad (9)$$

из которого следует возможность получения значения соответствующей частоты:

$$\tilde{\omega}^2 = \frac{\frac{D\pi^4}{m} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right]^2}{1 + \frac{D\pi^2}{Gh} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right]}. \quad (10)$$

Учитывая, что $\frac{D}{Gh} = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{2(1+\nu)}{Eh} = \frac{h^2}{6(1-\nu)}$ и вынося за скобки один из размеров плиты, например, a , получаем:

$$\tilde{\omega}^2 = \frac{\frac{E}{ma} \frac{\pi^4}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \left[i^2 + (\alpha j)^2 \right]^2}{1 + \frac{\pi^2}{6(1-\nu)} \left(\frac{h}{a} \right)^2 \left[i^2 + (\alpha j)^2 \right]}. \quad (11)$$

Для сравнения приведем формулу, по которой определяются частоты прямоугольных плит в соответствии с технической теорией Г.Кирхгофа

$$\omega^2 = \frac{D\pi^4}{m} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right]^2 = \frac{E}{ma} \frac{\pi^4}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \left[i^2 + (\alpha j)^2 \right]^2. \quad (12)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определим для двух типов пластин значения основной безразмерной частоты (при $i = j = 1$) в соответствии с формулами (11) и (12):

$$\frac{ma}{E} \tilde{\omega}^2 = \frac{\frac{\pi^4}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{a} \right)^3 (1+\alpha^2)^2}{1 + \frac{\pi^2}{6(1-\nu)} \left(\frac{h}{a} \right)^2 (1+\alpha^2)}, \quad (13)$$

$$\frac{ma}{E} \omega^2 = \frac{\pi^4}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{a} \right)^3 (1+\alpha^2)^2. \quad (14)$$

В соответствии с формулами (13) и (14) на рис.1 показаны графики зависимости значений безразмерных частот $\frac{ma}{E} \tilde{\omega}^2$ и $\frac{ma}{E} \omega^2$ от параметра $\frac{h}{a}$ для квадратных пластин (при $\alpha = 1$).

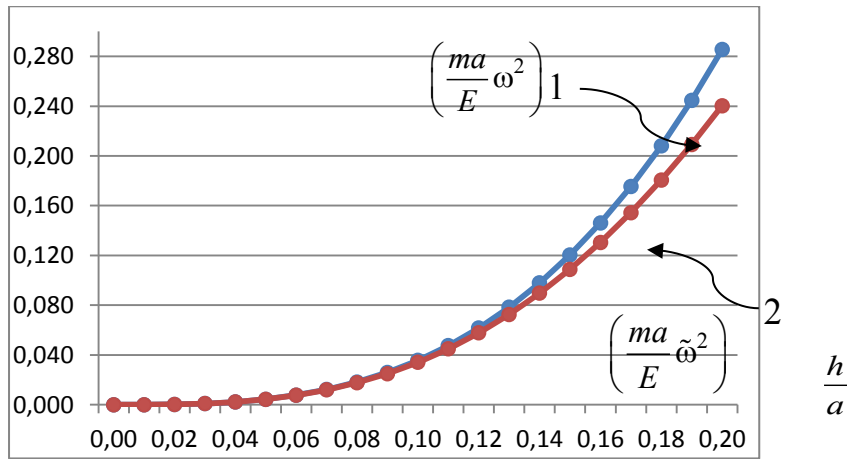


Рис.1. Зависимость значения частот собственных колебаний от h/a для квадратных пластин по двум теориям

1. по технической теории Г.Кирхгофа,
2. по теории пластин средней толщины Б.Ф.Власова.

Можно видеть, что результаты, полученные по технической теории тонких пластин, при увеличении относительной толщины являются завышенными.

Для оценки значения получаемой погрешности составим отношение квадратов частот, получаемых по двум рассматриваемым теориям:

$$\frac{\omega^2}{\tilde{\omega}^2} = 1 + \frac{D\pi^2}{Gh} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right] = 1 + \frac{D\pi^2}{Gh} \left[\left(\frac{i}{a} \right)^2 + \left(\frac{j}{b} \right)^2 \right],$$

что для основных частот (при $i = j = 1$) приводит к следующему результату:

$$\frac{\omega^2}{\tilde{\omega}^2} = 1 + \frac{\pi^2}{6(1-\nu)} \left(\frac{h}{a} \right)^2 (1 + \alpha^2). \quad (15)$$

На рис.2 представлен график, построенный в соответствии с формулой (15) и показывающий отношение квадратов частот собственных колебаний, полученных по двум теориям изгиба для квадратных пластин (при $\alpha = 1$) при различных значениях параметра h/a .

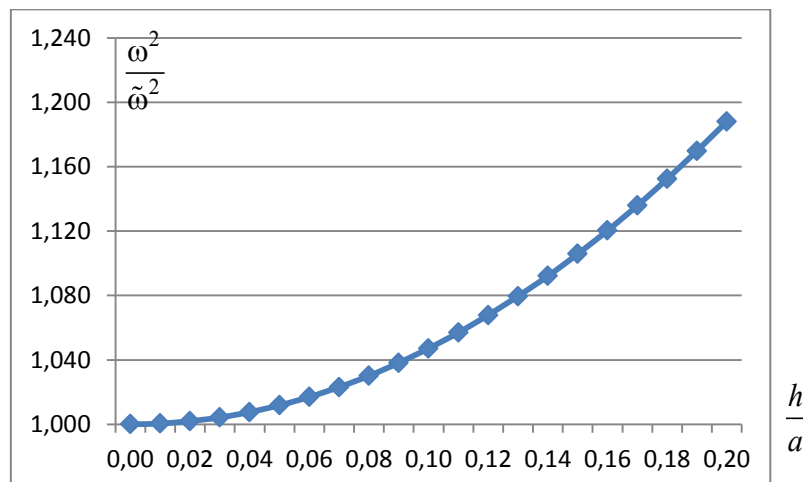


Рис.2. Отношение квадратов частот собственных колебаний, полученных по двум теориям изгиба квадратных пластин при различных значениях параметра h/a

ВЫВОДЫ

Сравнение результатов, получаемых по классической теории тонких пластинок и уточненной теории плит средней толщины, показало, что при относительной толщине плиты $h/a = 0,2$ уточнение расчета составляет примерно 15-20% для значений основной частоты собственных колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reissner E. The effect of transverse shear deformation on the bending of elastic plates // J.of Appl. Mech. 1945. Vol. 12. P. 68—77.
2. Green A.E. On Reissner's theory of bending of elastic plates // Quart. Appl. Math. 1949. Vol. 7. No 2. P. 223—228.
3. Reissner E. On transverse bending of plates, including the effect of transverse shear deformation // Int. J. Solids Struct. 1975. Vol. 11. No 5. P. 569—573.
4. Rychter Z. An improved bound on the error in Reissner's theory of plates // Arch. Mech. 1986. Vol 38. No. 1, 2. P. 209—213.
5. Huang C.S., Chang M., Leissa A. Vibrations of Mindlin Sectorial Plates Using the Ritz Method Considering Stress Singularities // J. of Vibration and Control. 2006. Vol. 12. P. 635—657.
6. Габбасов Р.Ф., Хоанг Туан Ань Расчет изгибаемых пластин средней толщины на динамические нагрузки с использованием обобщенных уравнений метода конечных разностей // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 16—23.
7. Власов Б.Ф. Уравнения изгиба плит средней толщины. // В сб. Теоретические и экспериментальные исследования прочности и жесткости элементов строительных конструкций. 1989. С. 107—116.
8. Марджи М., Власов Б.Ф. Расчет прямоугольных пластин на упругом основании по уточненной теории. // В сб. Теоретические и экспериментальные исследования прочности и жесткости элементов строительных конструкций. 1989. С. 116—120.
9. Власов Б.Ф., Папуш А.В. Расчет прямоугольной плиты средней толщины, два противоположных края которой шарнирно закреплены. // В сб. Теоретические и экспериментальные исследования прочности и жесткости элементов строительных конструкций. 1989. С. 121—127.

КЛЕЕВАЯ МОДИФИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА НАКЛОННЫХ ВВИНЧЕННЫХ СТЕРЖНЯХ

В.И. Линьков¹, А.Д. Штанский²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*linkov_vi@mgsu.ru*

²*alex-shtan@yandex.ru*

Аннотация

Соединения деревянных конструкций на наклонных ввинченных стержнях относятся к податливым соединениям. В традиционных соединениях наклонно ввинченные стержни устанавливаются в заранее просверленные отверстия, диаметр которых равен полусумме наружного и внутреннего диаметров резьбы, а несущая способность соединения зависит от расчетного сопротивления древесины выдергиванию по поверхности соприкосновения с резьбой наклонно ввинченного стержня. Одним из вариантов повышения несущей способности соединений на ввинченных стержнях является установка ввинченных стержней с применением клея. Цель настоящей работы – сравнительная оценка несущей способности соединений деревянных конструкций на наклонных клееввинченных стержнях и на ввинченных стержнях без применения клея. Для сравнения прочностных и деформационных характеристик были выполнены испытания симметричных двухсрезных образцов соединений деревянных элементов на винтах диаметром 10 мм по три образца на каждый тип соединения, при этом клееввинченные стержни были установлены на клею ЭПЦ-1. По результатам испытаний установлено, что для соединений на наклонных ввинченных стержнях применение клея повышает несущую способность соединения по критериям разрушающей нагрузки и верхней границы области упругой работы в среднем в 1,5 раза. При этом расход клея по сравнению с вклеенными стержнями из арматуры периодического профиля уменьшается в 6,8 раза.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с нарастающим ограничением номенклатуры пиломатериалов на фоне применения дорогостоящих клееных деревянных конструкций растет востребованность деревянных конструкций составного сечения [1] на механических связях в виде наклонных ввинченных стержней [2]. Соединения деревянных конструкций на наклонных ввинченных стержнях относятся к податливым соединениям [3, 4], от несущей способности и деформативности которых зависит несущая способность конструкций составного сечения [5]. В традиционных соединениях наклонно ввинченные стержни устанавливаются в заранее просверленные отверстия, диаметр которых равен полусумме наружного и внутреннего диаметров резьбы, а несущая способность соединения зависит от расчетного сопротивления древесины выдергиванию по поверхности соприкосновения с резьбой наклонно ввинченного стержня. Одним из вариантов повышения несущей способности соединений на ввинченных стержнях является установка ввинченных стержней с применением клея. При этом расход клея должен быть значительно ниже по сравнению с вклеенными стержнями из арматуры периодического профиля [6, 7], для которых высверливаются отверстия на 4-6 мм больше диаметра вклеиваемого стержня.

Цель настоящей работы – сравнительная оценка несущей способности соединений деревянных конструкций на наклонных клееввинченных стержнях и на ввинченных стержнях без применения клея.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для сравнительной оценки несущей способности соединений деревянных конструкций на клееввинченных стержнях и на винченных стержнях без применения клея были выполнены испытания образцов соединений деревянных элементов на винтах диаметром 10 мм. Соединения тип 1 – на винченных стержнях без применения клея, соединение тип 2 – на клееввинченных стержнях. В образцах соединений винченные стержни устанавливались в заранее просверленные отверстия диаметром 8 мм. В образцах соединений тип 1 винченные стержни были установлены без добавления клея. В образцах соединения тип 2 клееввинченные стержни были установлены на клею ЭПЦ-1. Положение стержней – под углом 45 градусов к направлению волокон соединяемых элементов. Было испытано по три образца на каждый тип соединения. Образец выполняли в виде односрезного соединения из досок древесины хвойных пород (сосна) сечением 35x70 мм после строжки длиной 290 мм. Для устранения сил трения между соединяемыми элементами оставляли зазоры шириной 1,5 мм. Для обеспечения централизованного приложения усилий на каждый шов сплачивания два односрезных образца жестко объединяли в один блок с помощью соединительных планок и прокладок, закрепленных шурупами.

Изготовление образцов производили в следующей последовательности. Парный образец, собранный в жесткий пакет, устанавливали в шаблон для сверления отверстий под углом 45 градусов. В установленных точках образца просверливали отверстия диаметром 8 мм, по 2 отверстия с каждой стороны образца. Для обеспечения сравнимости результатов испытаний образцы были приняты с одинаковым составом деревянных элементов. Всего было подготовлено две партии по три образца в каждой.

Образцы испытывали по сжатой схеме. Испытания проводили нагружением ступенями с периодической разгрузкой. Величину ступени приняли 3 кН, что примерно соответствовало 10% от предполагаемой величины разрушающего усилия. Измерение деформаций взаимного сдвига соединяемых элементов выполняли индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, которые устанавливали симметрично с противоположных сторон каждого образца. Графики полных деформаций D_p каждого типа соединения, средние для трех образцов, представлены на рисунке 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При испытаниях образцов тип 1 происходило равномерное смещение соединяемых деревянных элементов друг относительно друга вплоть до разрушения. Образцы разрушились при нагрузке, которая составила в среднем для трех образцов $N_t = 31,66$ кН. Характер разрушения соответствовал соединениям второй группы и определялся скалыванием древесины по поверхности соприкосновения с резьбой наклонно винченного стержня. Вскрытие образцов показало, что установленный наклонно стержень за пределами упругой работы соединения помимо растяжения испытывает изгиб, сопровождающийся смятием древесины в гнезде нагеля. Средние по трем образцам деформации полные соединений на стадии, предшествующей разрушению, составили $D_p = 5,99$ мм или 0,189 мм на 1 кН сдвигающего усилия. Нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы составила $N_{I-II} = 24,0$ кН, что составляет 75% от разрушающей нагрузки на образец. В пределах упругой работы соединения деформации полные составили $D_p = 3,44$ мм или 0,143 мм на 1 кН сдвигающего усилия. При этом упругие деформации составили $D_u = 1,05$ мм или 30,5% от полной деформации, остаточные деформации $D_o = 2,39$ мм или 69,5% от полной деформации соединения. Нормированная в СП 64.13330.2017 предельная деформация для нагельных соединений $D_{ult} = 2$ мм достигнута соединением на наклонных винченных стержнях при нагрузке $N_2 = 18$ кН или 0,111 мм на 1 кН сдвигающего усилия. График средних для трех образцов полных деформаций D_p соединения на винченных стержнях представлен на рис. 1.а.

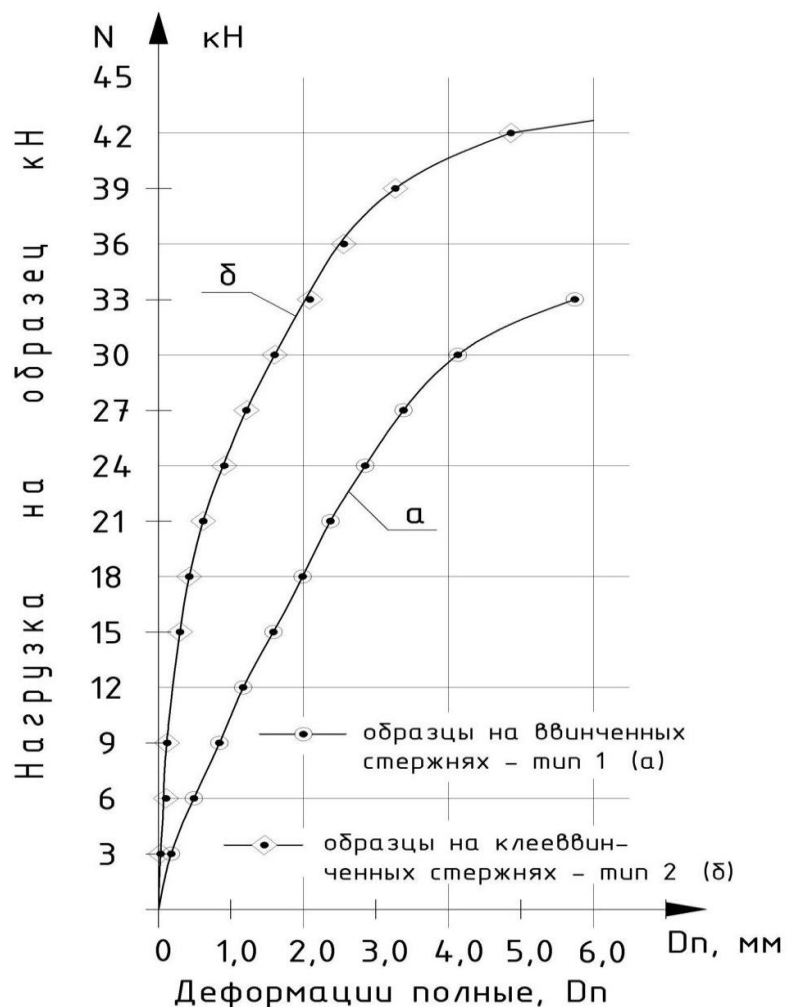


Рис. 1. Деформации соединений, средние для 3-х образцов: а) тип 1 - на наклонных ввинченных стержнях, б) тип 2 - на наклонных клееввинченных стержнях.

При нагружении образцов тип 2 на наклонных клееввинченных стержнях смещение соединяемых деревянных элементов друг относительно друга проходило менее интенсивно, чем в соединении тип 1. Образцы соединений на наклонных клееввинченных стержнях разрушились при нагрузке, которая составила в среднем для трех образцов $N_t = 42,2$ кН. Характер разрушения носил промежуточный характер между соединениями первой и второй группы и определялся не только скалыванием древесины по клеевой прослойке между древесиной и наклонно ввинченным стержнем, но изгибом винта и деформациями древесины нагельного гнезда от действия нормальной составляющей сдвигающего усилия. Средние по трем образцам деформации полные соединений на стадии, предшествующей разрушению, составили $D_p = 4,6$ мм или $0,11$ мм на 1 кН сдвигающего усилия. Нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы составила $N_{I-II} = 36,0$ кН, что составляет 85% от разрушающей нагрузки на образец. В пределах упругой работы соединения деформации полные составили $D_p = 2,6$ мм или $0,073$ мм на 1 кН сдвигающего усилия. При этом упругие деформации составили $D_y = 1,27$ мм или 49% от полной деформации, остаточные деформации $D_o = 1,33$ мм или 51% от полной деформации соединения. Нормированная в СП 64.13330.2017 предельная деформация для нагельных соединений $D_{ult} = 2$ мм достигнута соединением на наклонных клееввинченных стержнях при нагрузке $N_2 = 32$ кН или $0,063$ мм на 1 кН сдвигающего усилия. График средних для трех

образцов полных деформаций D_p соединения на клееввинченных стержнях представлен на рис.1.б.

Основные результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные результаты испытаний образцов соединений на винченных и на клееввинченных стержнях

Уровень нагрузки	Тип 1 - на винченных стержнях			Тип 2 - на клееввинченных стержнях			Эффект Клей/Ввинч	
	N ввинч., кН	Dп	Dy/Dп	N клеен.	Dп, мм	Dy/Dп	К по N	К по доле Dy от Dп
Nt	31,5	5,3	0,21	42	4,6	0,34	1,33	1,62
N _{I-II}	25	2,8	0,305	36	2,6	0,49	1,44	1,61
N ₂	18	2	0,37	32	2	0,45	1,78	1,22
Среднее			0,295			0,427	1,52	1,448

Из рассмотрения графиков на рис. 2 и таблицы 1 видим, что несущая способность соединений на клееввинченных стержнях по сравнению с винченными стержнями без применения клея больше в 1,33-1,78 раза. При этом соединение на клееввинченных стержнях работает более упруго. По сравнению с соединениями на наклонных винченных стержнях доля упругих деформаций в полных деформациях соединений на клееввинченных стержнях больше в 1,22-1,62 раза при том, что абсолютная величина полных деформаций на характерных этапах работы соединения, в т.ч. на уровне верхней границы области упругой работы соединений N_{I-II} отличаются не более чем на 7%.

ВЫВОДЫ

1. Клеевая модификация соединений на винченных стержнях увеличивает несущую способность соединения. Несущая способность соединений на клееввинченных стержнях в 1,52 раза больше, чем соединений на винченных стержнях без применения клея. Максимальная несущая способность соединений N_t составила 42 кН и 31,5 кН, верхняя граница области упругой работы соединений N_{I-II} составила 36 кН и 25 кН для клееввинченных и бесклеевых соединений соответственно.

2. Клеевая модификация соединений на винченных стержнях изменяет характер деформирования соединения. Соединение на клееввинченных стержнях работает более упруго по сравнению с соединением на винченных стержнях без применения клея. Доля упругих деформаций в полных деформациях соединений на клееввинченных стержнях больше в 1,45 раза, чем в образцах соединений на винченных стержнях без применения клея.

3. Расход клея для соединений на клееввинченных стержнях меньше по сравнению с соединениями на клеенных стержнях из арматуры периодического профиля в 6,8 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятикрестовский К.П., Травуш В.И., Погорельцев А.А., Клюкин А.А. Разработка конструкций из цельной древесины для объектов инфраструктуры. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. т. 14. № 1. С 145-154.
2. Линьков В.И. К оценке деформативности соединений деревянных элементов на наклонных металлических стержнях без применения клея. // Строительная механика и расчет сооружений, № 3– М.: - 2017, С. 11-14.
3. Столповский Г.А., Жаданов В.И., Руднев И.В. Соединения элементов деревянных конструкций быстровозводимых зданий и сооружений винтовыми крестообразными нагелями. - Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 5 (111). С. 150-154.
4. Храмов К.С. Развитие расчета соединений деревянных конструкций с применением шурупов // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2 (31). С. 83-85;

5. Линьков В.И. Соединения на наклонных ввинченных стержнях в деревянных балках для реконструкции зданий текстильной промышленности. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. 2017, № 3 (369). С. 212-217.
6. Турковский С.Б. и др. Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК). – М.: РИФ «Стройматериалы», 2013. - 308 с.
7. Козлова И.В., Сапачева Л.В. Соединения деревянных конструкций системы ЦНИИСК // Жилищное строительство. 2008. № 2. С. 42-43.

НЕЛИНЕЙНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ СВЯЗЕЙ СДВИГА В НЕСУЩИХ СИСТЕМАХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В.А. Люблинский, А. Кенан, А. Хаирие

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Математические модели несущих систем многоэтажных зданий, в большинстве случаев, ориентируются на упругую работу несущих элементов и соединяющих их связей. При этом они не позволяют в достаточной степени использовать запасы прочности всей несущей системы или могут исказить оценку реального состояния этой несущей системы здания. Важной особенностью реальной работы несущих систем зданий является нелинейный характер зависимости между напряжениями и деформациями как вертикальных несущих конструкций, так и элементов их соединяющих. Усилия (напряжения) во всех элементах несущей системы изменяются по высоте здания и при высоких уровнях напряжений изменяются в соответствии с диаграммами деформирования жесткости вертикальных несущих конструкций и податливости связей сдвига. И чем больше уровень напряжений, тем существенней эти изменения в податливости связей сдвига и жесткости вертикальных железобетонных конструкций.

Целью представленной работы является проведение анализа напряженно-деформированного состояния несущих систем на конкретном примере многоэтажного здания при линейном и нелинейном деформировании связей их сдвига. Рассматриваются связи сдвига в виде перемычек и сварки закладных деталей. Используется дискретно-континуальная модель несущей системы здания.

Учет нелинейной работы несущих конструкций и связей сдвига приводит к уменьшению усилий и перераспределению усилий во всех конструкциях здания. Использование постоянных жесткостей не позволяют получить полную и достоверную картину напряженно-деформированного состояния конструкций, поскольку они являются функцией сил и напряжений по высоте многоэтажного здания. Нелинейное моделирование с экспериментальными диаграммами деформирования дает более точную оценку напряженно-деформированного состояния пространственной несущей системы здания.

ВВЕДЕНИЕ

Математические модели несущих систем многоэтажных зданий, в большинстве случаев, ориентируются на упругую работу несущих элементов и соединяющих их связей [1 - 4]. При этом они не позволяют в достаточной степени использовать запасы прочности всей несущей системы или могут исказить оценку реального состояния этой несущей системы здания. Важной особенностью реальной работы материалов является нелинейный характер зависимости между напряжениями и деформациями как вертикальных несущих конструкций, так и элементов их соединяющих. В данном случае рассматривается нелинейный характер работы связей сдвига.

В качестве математической модели несущих систем многоэтажных зданий была выбрана дискретно-континуальная модель [1]. Многоэтажное здание моделируется пучком консольных вертикальных элементов и соединенных в пространстве связями, работающими на сдвиг – связями сдвига. Дискретное расположение вертикальных несущих элементов определяется геометрией здания, а связи, соединяющие в пространственную систему все здание, заменяются континуальными.

Основная задача работы – определить изменения в напряженно-деформированном состоянии пространственной несущей системе здания с учетом линейной и нелинейной

работы связей сдвига. Рассматриваются связи сдвига в виде перемычек и сварки закладных деталей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По дискретно-континуальной модели в несущей системе многоэтажного здания дискретно расположенные вертикальные столбы, образованные простенками, объединены континуальными по высоте связями, обладающими определенной податливостью. В качестве континуальных связей в панельном сооружении выступают вертикальные связи сдвига такие, как бетонные шпонки, участки перекрытий, перемычки и сварка различных закладных деталей.

Связи сдвига являются наиболее напряженными элементами несущей системы многоэтажного здания. Благодаря им здание соединяется в единую систему и представляет собой весьма жесткую и прочную пространственную конструкцию, способную противостоять вертикальным, горизонтальным и сейсмическим нагрузкам, неравномерным деформациям основания, климатическим температурно-влажностным и аварийным воздействиям.

Объектом исследования являлся 9-этажный крупнопанельный односекционный жилой дом 125-й серии. Несущими конструкциями в здании являются внутренние железобетонные панели (столбы) толщиной 160 мм из бетона класса В25. Наружные стеновые панели, имеющие толщину 400 мм, являются самонесущими. В зависимости от расположения несущих элементов были определены грузовые площади каждого столба. Через грузовые площади на каждый столб передается нагрузка. К несущей системе прикладывалась только вертикальная нагрузка.

Сопrotивление здания внешней нагрузке описывается системой дифференциальных уравнений [10, 11]:

$$N'' - RN = F \quad (1)$$

- где
- N - матрица неизвестных вертикальных усилий, размером $(m+1) \times n$;
 - m - число вертикальных несущих элементов;
 - n - число расчетных сечений по высоте несущей системы;
 - R - квадратная матрица жесткости, размером $(m+1) \times (m+1)$;
 - F - матрица внешней нагрузки, размером $(m+1) \times n$.

За основу был взят алгоритм расчета пространственных несущих систем многоэтажных зданий в линейной постановке [1, 10, 11]. Определение податливости связей сдвига и ориентировались на экспериментальные и аналитические исследования вертикальных стыков приведенных в [5-9]. Нелинейность деформирования сварного стыка учитывалась с помощью диаграммы деформирования «перерезывающее усилие–перемещение», приведенной в работе [5] (рис.1.).

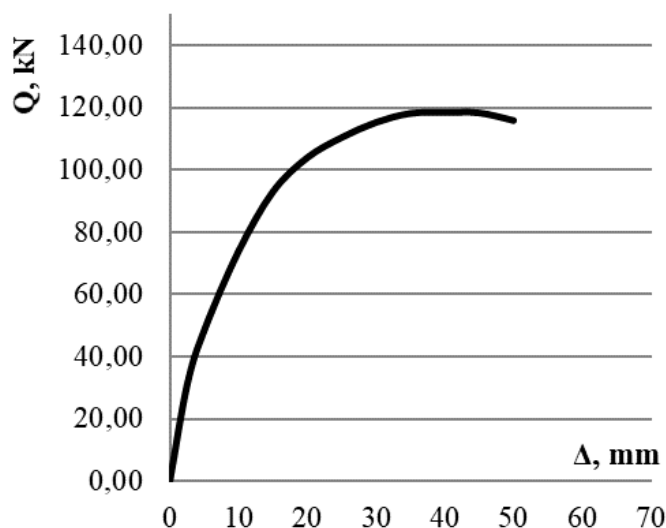


Рис. 1. Диаграмма деформирования сварного стыка панельного здания

Для перемычек применялась линейно-кусочная диаграмма деформирования, полученная по экспериментальным данным [12].

В системе дифференциальных уравнений по диаграммам деформирования изменялось значение податливостей в матрице жесткости, которые определялись как секущие модули на каждом этапе расчета. Итерационный процесс устойчиво сходился. Для ускорения процесса сходимости метод итерации был несколько изменен: значение податливости, принятое в новом цикле расчета, определяется как полусумма податливостей предыдущего и последующего цикла вычислений. Благодаря этому приему исключалась возможность не сходимости предлагаемого итерационного процесса, что подтверждено практикой проведенных расчетов других несущих систем. Верификация и точность численного решения в этом подходе проверялась на односвязных системах зданий с одним рядом вертикальных сдвиговых связей, для которых существует аналитическая зависимость системы (1) и ее точное решение [1]. Ошибка в численном решении не превышала 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под действием внешней нагрузки в вертикальных несущих конструкциях, работающих на сжатие с изгибом, происходит взаимный сдвиг, сопротивлению которому оказывают связи. Соответственно в местах соединения связей со столбами возникают перерезывающие усилия. При шарнирных или очень податливых связях перерезывающие усилия равны нулю, вертикальные конструкции не оказывают влияния друг на друга. При очень жестких связях два соединяемых вертикальных элемента превращаются в единую конструкцию, описываемую другой расчетной схемой. Практически все виды связей имеют конечную податливость, которая наряду с жесткостью вертикальных конструкций, определяет распределение усилий в несущих системах многоэтажных зданий. При изменении податливостей связей сдвига происходит перераспределение усилий в несущих элементах. В конструкциях с одной связью учет нелинейного деформирования приводит однозначно к снижению усилий. В многосвязной системе перераспределение усилий во всей несущей системе – в вертикальных несущих конструкциях, связях их соединяющих создает более сложную картину. На рисунке 2 дано сравнение характерных изменений перерезывающих усилий в двух рядах связей сдвига.

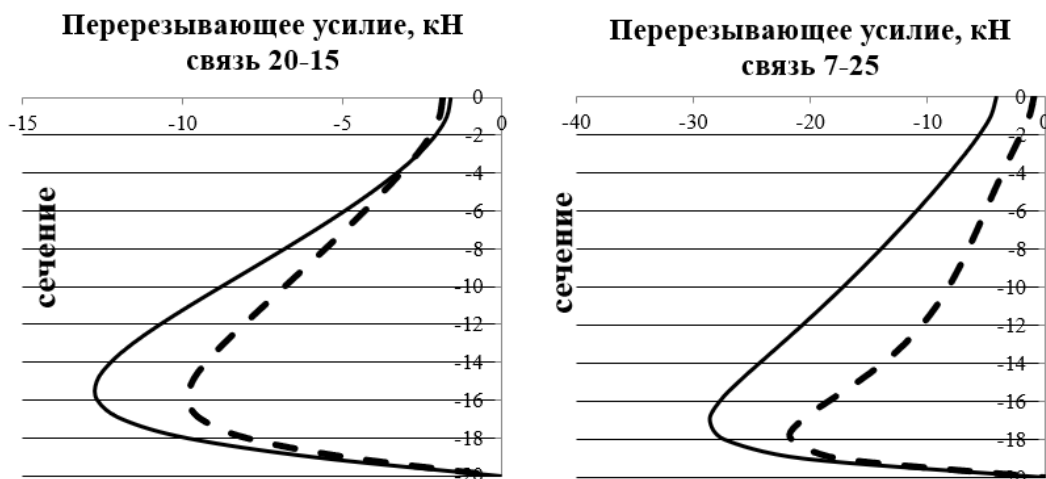


Рис. 2. Перерезывающие усилия в связях сдвига (сплошная линия – линейное деформирование связей сдвига, штриховая линия – нелинейное деформирование связей сдвига).

В связях 20-15 и 7-25 наблюдается уменьшение усилий на 20% и 15% соответственно. Исходя из эпюры распределения усилий видно, что максимальные значения перерезывающих усилий находятся на уровне 2-3 этажей. Это означает, что в случае увеличения внешней нагрузки разрушение континуальных связей начнется примерно в этой зоне здания.

Изменение перерезывающих усилий приводит к изменению сжимающих нормальных усилий вертикальных конструкций, которые соединялись нелинейно деформируемыми связями (Рис. 3.).

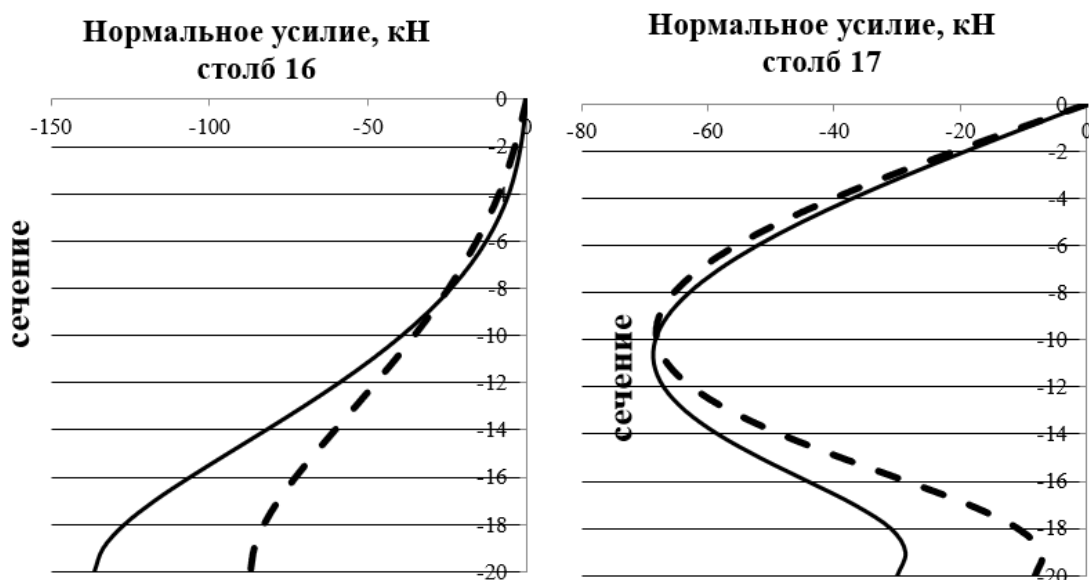


Рис. 3. Нормальные сжимающие усилия в вертикальных несущих элементах здания (сплошная линия – линейное деформирование связей сдвига, штриховая линия – нелинейное деформирование связей сдвига).

ВЫВОДЫ

Точечные значения податливости вертикальных стыков несущих элементов не позволяют получить полную и достоверную картину напряженно-деформированного состояния конструкций, поскольку они являются функцией сил и напряжений по высоте

многоэтажного здания. Использование нелинейных диаграмм деформирования связей «сдвиг – перемещение» в дискретно-непрерывной математической модели вносит существенные изменения в напряженно-деформированное состояние несущей системы здания. Учет податливости связей сдвига приводит в общем к уменьшению усилий и их иному распределению по высоте здания. В некоторых несущих элементах усилия остались неизменными. Остается не ясным вопрос о влиянии различных типов связей на формирование перераспределения усилий как в плане здания, так и по высоте. Жесткие связи в виде сварки выпусков арматуры, сварки металлических пластин имеет небольшую податливость и деформируются практически линейно. Податливые связи - перемычки, участки перекрытий, бетонные шпонки в силу своей относительно большей податливости вносят существенные коррективы в работу всей несущей системы многосвязного многоэтажного здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов /2-е изд., перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1977. – 223с.
2. Лишак В.И., Горачек Е., Пуме Д. и др. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций. Опыт СССР и ЧССР / М.: Стройиздат, 1980. – С. 121–144.
3. Todut C, Dan D, Stoian V Theoretical and experimental study on precast reinforced concrete wall panels subjected to shear force *Engineering Structures* 2014, v 80, pp 323–338.
4. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения // *Научное обозрение*. – 2015. -№ 8, - с. 87-92.
5. Люблинский В.А., Томина М.В. Экспериментальное исследование прочности и податливости вертикального сварного стыка // *Системы. Методы. Технологии*. – 2018. – № 3 (38). – с.154-158.
6. Артюшин Д.В., Шумихина В.А. Экспериментально-аналитические исследования шпоночных вертикальных стыков стен многоэтажных зданий// *Моделирование и механика конструкций*. – 2015. - № 2. - с. 14-23.
7. Блажко, В.П. Об определении податливости связей при формировании расчетных моделей панельных зданий// *Жилищное строительство*. – 2017. – №3. – с. 17-21.
8. Соколов Б. С., Миронова Ю.В. Прочность и податливость вертикальных стыков стеновых панелей с использованием гибких петель// *Жилищное строительство*. – 2014. - № 5. - с. 60-62.
9. Карякин А.А., Сонин С.А., Дербенцев И.С., Бельдейко И. А. Экспериментальные исследования вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2011. – Вып. 13. – № 35. – с. 16–20.
10. Люблинский В.А., Томина М.В. Влияние нелинейного деформирования перемычек на процесс перераспределения усилий в несущих элементах диафрагмы // *Системы. Методы. Технологии*. – 2018. – № 3 (34). – с. 153-158.
11. Люблинский В.А., Тамразян А.Г. Безопасность несущих систем многоэтажных зданий при локальном изменении жесткостных характеристик несущих элементов // *Научные труды III всероссийской конференции по бетону и железобетону*// М.: МГСУ, 2014, - с. 90-99.
12. Хола Муса. Нелинейные деформации и предельная несущая способность вертикальных диафрагм монолитных многоэтажных зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / . – М.: МГСУ, 1985.- 163с.

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПО УСИЛЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Л.С. Ляхович¹, П.А. Акимов², Б.А. Тухфатуллин¹, М.Л. Мозгалева³, Т.Б. Кайтуков⁴

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, дом 2

lts@tsuab.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

rector@mgsu.ru

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

MozgalevaML@mgsu.ru

⁴ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

KaytukovTB@mgsu.ru

Аннотация

Как известно, на практике достаточно часто возникает необходимость усиления строительных конструкций, зданий, сооружений или их отдельных элементов. При выборе такого рода проектных решений во многих случаях используются методы оптимизации. Очевидно, что в подобных ситуациях наличие критериев, объективно и достоверно показывающих близость полученного результата к оптимальному, значительно повышает уровень доверия к решению. В настоящей статье рассматриваются критерии оценки оптимальных решений по усилению полок двутавровых стержней полосами с кусочно-постоянным изменением их ширины при ограничениях по устойчивости или на величину первой собственной частоты. Границы соответствующих участков с постоянными толщинами выбираются на основе предельного объекта, а размеры ширины полос на участках определяются методами оптимизации.

ВВЕДЕНИЕ

В публикации [1] сформулированы критерии оценки решений для некоторых задач оптимизации конструкций, используемые при проектировании элементов конструкций. Разумеется, аналогичные критерии необходимы и при усилении конструкций. В публикациях [2-4] был предложен критерий минимальной материалоемкости полос, усиливающих полки двутавра при ограничениях на величину критической силы или первой собственной частоты, а также при непрерывном изменении варьируемого параметра. В указанных источниках были показаны и некоторые возможности этого критерия. В частности, была продемонстрирована возможность использования минимально материалоемкого решения в качестве основы для перехода к кусочно-постоянному изменению ширины усиливающих полос. Следует отметить, что для нахождения соответствующих ширин полос на соответствующих участках применялись методы оптимизации. В качестве критерия остановки процесса оптимизации была принята некоторая заранее заданная (избранная) малая величина изменения значения функции цели. Тем не менее, известны случаи, когда даже при малом изменении функции цели варьируемые параметры могут существенно изменяться.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Положим, что для перехода от непрерывного изменения ширины усиливающих полос к кусочно-постоянному было выбрано n участков, в пределах каждого из которых ширина

усиливающих полос не меняется (постоянна). С одной стороны выбор границ такого рода участков определяется технологическими требованиями, а с другой – стремлением приблизиться к минимально материалоемкому решению. Введем следующие обозначения: $l_u[i]$, $i = 1, 2, \dots, n$ – длины участков; $x[i]$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$ – координаты границ участков.

Критерий должен позволять оценить решение задачи по определению размеров ширины дополнительных полос $b_{22}[i]$, усиливающих полки двутавра на каждом из участков, при ограничениях на величину критической силы или первой собственной частоты и минимальном расходе материала на усиление. Заметим, что не варьируются следующие параметры: b_1 – высота сечения; δ_{p1} – толщина полки; δ_{p2} – толщина усиливающих полос; δ_{st} – толщина стенки; b_{21} – ширина усиливаемой полки. Вместе с тем, варьируются $b_{22}[i]$, т.е. размеры ширины дополнительных усиливающих полос (рис. 1).

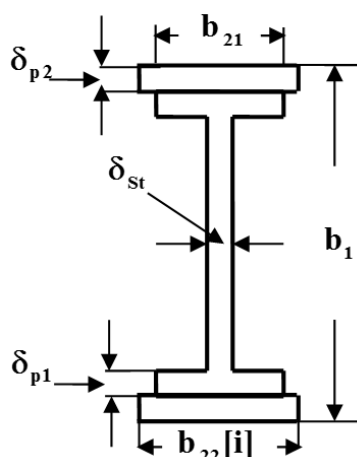


Рис. 1. Поперечное сечение конструкции.

Функция цели (объем материала усиливающих полос) определяется формулой

$$V_0 = \sum_{i=1}^n 2 * b_{22}[i] * \delta_{p2} * l_u[i]. \quad (1)$$

Момент инерции сечения определяется формулой

$$J[i] = \frac{1}{12} (b_{22}[i](b_1^3 - (b_1 - 2\delta_{p2})^3) + b_{21}(b_1 - 2\delta_{p2})^3 - (b_{21} - \delta_{st})(b_1 - 2\delta_{p1} - 2\delta_{p2})^3). \quad (2)$$

Площадь сечения определяется формулой

$$F[i] = (b_1 - 2b_{p1} - 2b_{p2})\delta_{st} + 2b_{22}[i]\delta_{p2} + 2b_{21}\delta_{p1}. \quad (3)$$

Далее сформулируем критерий с ограничением величины первой частоты собственных колебаний, но с учетом влияния продольной силы. Данный критерий может использоваться и тогда, когда имеет место лишь ограничение по устойчивости. В такой ситуации в выражении критерия значение собственной частоты полагается нулевым.

Ограничение на величину первой частоты собственных колебаний может быть записано в виде следующего равенства

$$\omega_0 = \omega_1, \quad (4)$$

где ω_0 – заданная величина; ω_1 – значение первой частоты собственных колебаний усиленной системы.

Как известно при выполнении равенства (2) должно иметь условие

$$\mathcal{D}_{\omega_1} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \int_{x[i-1]}^{x[i]} \{EI_1[i](v''_{\omega})^2 - P[i](v'_{\omega})^2 - \omega_0^2(m(x) + \rho F[i]v_{\omega}^2)\} dx = 0, \quad (5)$$

где $P[i]$ – продольная сила на участке i стержня.

Итак, требуется отыскать такие величины $b_{22}[i]$, которые при выполнении условий (4) и (5) придадут функции (1) минимальное значение.

Таким образом, приходим к изопараметрической задаче.

Теперь, с учетом (1) и (3), задача сводится к отысканию минимума выражения

$$V_{0\omega} = \sum_{i=1}^n (2b_{22}[i]l_u[i] - \lambda_{\omega 1} \sum_{i=1}^n \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} \left\{ \frac{E}{12} (b_{22}[i](b_1^3 - (b_1 - 2\delta_{p2})^3) + b_{21}(b_1 - 2\delta_{p2})^3 - (b_{21} - \delta_{st})(b_1 - 2\delta_{p1} - 2\delta_{p2})^3)(v_\omega'')^2 - P[i](v_\omega')^2 - \omega_0^2(m(x) + \rho(2b_{22}[i]\delta_{p2} + 2b_{21}\delta_{p1} + (b_1 - 2\delta_{p1} - 2\delta_{p2})\delta_{st}))(v_\omega'')^2 \right\} dx) \quad (6)$$

Вариация выражения (6) по $\lambda_{\omega 1}$ приведет к условию (5).

Минимум выражения (6) при выполнении условий (4) и (5) находится из решения следующей системы уравнений

$$\frac{\partial V_{0\omega}}{\partial b_{22}[i]} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Обоснование изложенного поиска минимума выражений аналогичных (6) приведено в публикации [5].

В частности, i -е уравнение имеет вид

$$\frac{\partial V_{0\omega}}{\partial b_{22}[i]} = 2\delta_{p2}l_u[i] - \lambda_{p1} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} \left(\frac{E}{12} (b_1^3 - (b_1 - 2\delta_{p2})^3) * ((v_\omega'')^2 - 2\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2) \right) dx = 0 \quad (8)$$

или, что эквивалентно,

$$\frac{1}{l_u[i]} \lambda_{\omega 1} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} \left(\frac{E}{12} (b_1^3 - (b_1 - 2\delta_{p2})^3) (v_\omega'')^2 - 2\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2 \right) dx = 2\delta_{p2}. \quad (9)$$

С учетом того, что $\lambda_{\omega 1}$ и δ_{p2} это постоянные величины, вместо уравнения (6) можем записать:

$$\frac{1}{l_u[i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} \left(\frac{E}{12} (b_1^3 - (b_1 - 2\delta_{p2})^3) (v_\omega'')^2 - 2\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2 \right) dx = const. \quad (10)$$

После несложных преобразований будем иметь:

$$\frac{1}{l_u[i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} \left[\frac{1}{3E} \left(\left(\frac{Eb_1 v_\omega''}{2} \right)^2 b_1 - \left(\frac{b_1 - 2\delta_{p2}}{2} E v_\omega'' \right)^2 (b_1 - 2\delta_{p2}) \right) - 2\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2 \right] dx = const. \quad (11)$$

Очевидно, что

$$\left(\frac{Eb_1 v_\omega''(x)}{2} \right)^2 = \sigma_{1\omega}^2(x); \quad \left(\frac{b_1 - 2\delta_{p2}}{2} E v_\omega''(x) \right)^2 = \sigma_{1\omega t}^2(x) \quad (12)$$

это соответственно квадрат нормального напряжения в крайних волокнах усиленного сечения и крайних волокнах исходного двутаврового сечения.

Таким образом, равенство (11) примет вид

$$\frac{1}{l_u[i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} (\sigma_{1\omega}^2 b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (b_1 - 2\delta_{p2}) - 6E\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2) dx = const. \quad (13)$$

Введем обозначение:

$$S_u[i] = \frac{1}{l_u[i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} (\sigma_{1\omega}^2 b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (b_1 - 2\delta_{p2}) - 6E\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega'^2) dx. \quad (14)$$

Окончательно можем записать критерий в следующем виде

$$S_u [i] = \frac{1}{l_u [i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} (\sigma_{1\omega}^2 b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (b_1 - 2\delta_{p2}) - 6E\omega_0^2 \rho \delta_{p2} v_\omega^2) dx = const . \quad (15)$$

С некоторых позиций критерий (15) целесообразно нормировать таким образом, чтобы наибольшее значение величины $S_u [i]$ было бы равно единице. Следовательно, оценкой близости решения к оптимальному будет служить близость значений $S_u [i]$ к единице.

Критерий (15) может использоваться и тогда, когда вводится лишь ограничение по устойчивости. В этом случае в (15) значение собственной частоты полагается нулевым.

Далее сопоставим предложенный критерий с аналогичными критериями, позволяющими оценить близость решений к оптимальному, как при проектировании ширины полки двутавра, так и при ее усилении, рассматривая непрерывное, а также кусочно-постоянное изменение варьируемого параметра.

Критерий оптимизации ширины полки двутавра при непрерывном изменении варьируемого параметра может быть представлен в виде следующих трех вариантов [1]:

$$\sigma_{1\omega}^2 (x) b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (x) (b_1 - 2\delta_p) - 6E(\omega_0 k_\omega)^2 \rho \delta_p v_\omega^2 = const ; \quad (16)$$

$$\sigma_{1\omega}^2 (x) \frac{b_1}{2\delta_p} - \sigma_{1\omega t}^2 (x) \left(\frac{b_1}{2\delta_p} - 1 \right) - 3E(\omega_0 k_\omega)^2 v_\omega^2 \rho = const ; \quad (17)$$

$$\bar{\sigma}_{1\omega t} (x) = \sqrt{\sigma_{1\omega}^2 (x) \frac{b_1}{2\delta_p} - \sigma_{1\omega t}^2 (x) \left(\frac{b_1}{2\delta_p} - 1 \right) - 3E(\omega_0 k_\omega)^2 v_\omega^2 \rho} = const . \quad (18)$$

Критерий оптимизации ширины полки двутавра при кусочно-постоянном изменении варьируемого параметра имеет вид:

$$S_1 [i] = \frac{1}{l_k [i]} \int_{x^{[i-1]}}^{x^{[i]}} (\sigma_{1\omega}^2 (x) b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (x) (b_1 - 2\delta_p) - 6E\omega_0^2 \rho \delta_p v_\omega^2) dx = const . \quad (19)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Критерий оптимизации ширины полосы усиливающей полку двутавра при непрерывном изменении варьируемого параметра может быть представлен в виде следующих трех вариантов [2]:

$$\bar{\sigma}_{1\omega t}^2 = \sigma_{1\omega}^2 (x) b_1 - \sigma_{1\omega t}^2 (x) (b_1 - 2\delta_p) - 6E(\omega_0 k_\omega)^2 \rho \delta_p v_\omega^2 = const ; \quad (20)$$

$$\bar{\sigma}_{1\omega t}^2 = \sigma_{1\omega}^2 (x) \frac{b_1}{2\delta_{p2}} - \sigma_{1\omega t}^2 (x) \left(\frac{b_1}{2\delta_{p2}} - 1 \right) - 3E\omega_0^2 v_\omega^2 (x) \rho = const ; \quad (21)$$

$$\bar{\sigma}_{1\omega t} (x) = \sqrt{\sigma_{1\omega}^2 (x) \frac{b_1}{2\delta_{p2}} - \sigma_{1\omega t}^2 (x) \left(\frac{b_1}{2\delta_{p2}} - 1 \right) - 3E\omega_0^2 v_\omega^2 (x) \rho} = const . \quad (22)$$

ВЫВОДЫ

Итак, критерии оптимизации ширины полки двутавра и ширины усиливающей полосы (16)-(18) и (20)-(22) при непрерывном изменении варьируемого параметра представлены в трех вариантах. Следует отметить, что вторые и третьи варианты необязательны – эти варианты приводятся лишь для того, чтобы подчеркнуть их связь с ранее сформулированными критериями (см., например, [1]), в которых признаком оптимальности служило постоянство приведенных напряжений. В этой связи при сопоставлении критериев будем рассматривать лишь первые варианты представления этих критериев (16) и (20). Важно заметить, что критерии (16) и (20) записываются в виде одинаковых выражений, при этом в обоих критериях имеем: $\sigma_{1\omega}$ – напряжение в крайних волокнах стержня; $\sigma_{1\omega t}$ – напряжение в

волоках, примыкающих к проектируемым полосам. В критерии (16) обозначено σ_{1ot} – напряжение в волокнах на границе стенки и полки, а в (20) – в волокнах на границе усиливающей полосы и полкой усиливаемого двутавра.

Сопоставляя критерии (16) и (19) заметим, что в (19) под интегралом стоит выражение (16). Выражения (19) для $S_1[i]$ содержит множитель $1/(I_u[i])$, в связи с чем данный критерий может рассматриваться на каждом кусочно-постоянном участке как среднее значение критерия (16) на единицу длины участка.

Сопоставляя критерий (15) с критериями (16), (19), (20) заметим, что под интегралом критерия (15) стоит выражение (16) и (20), а (15) записывается также, как и (19). Во всех перечисленных критериях имеем: $\sigma_{1\omega}$ – напряжение в крайних волокнах стержня; σ_{1ot} – напряжение в волокнах, примыкающих к проектируемым полосам. Так как критерий (15) содержит множитель $1/(I_u[i])$, то он может рассматриваться на каждом кусочно-постоянном участке как среднее значение критерия (16) на единицу длины участка.

В целом, полученный в данной статье результат содержит не только критерий (15), который позволяет останавливать процесс оптимизации при кусочно-постоянном изменении ширины усиливающей полосы, но и показывает возможность использования минимально материалоемкого решения в качестве основы при выборе границ намечаемых участков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящее исследование выполнено в рамках реализации государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы как составляющая Плана фундаментальных научных исследований Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации и Российской академии архитектуры и строительных наук на 2020 год (тема «Разработка, исследование и развитие фундаментальных научных основ синтеза оптимальных конструкций как методов проектирования сооружений с заранее заданными свойствами»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляхович Л.С. Особые свойства оптимальных систем и основные направления их реализации в методах расчета сооружений. – Томск: Издательского Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2009. – 372 с.
2. Ляхович Л.С., Малиновский А.П. Критерий минимальной материалоемкости при усилении стержней двутаврового поперечного сечения и ограничениях на величину критической силы или первой собственной частоты. // Вестник ТГАСУ, 2015, №5, с. 41-50.
3. Lyakhovich L.S., Malinovsky A.P., Tukhfatullin B.A. Criteria for optimal strengthening of bar flange with I-type cross-section with stability constraints on the value of the first natural frequency. // Procedia Engineering, 2016, Volume 153, pp. 427-433.
4. Ляхович Л.С., Тухфатуллин Б.А., Путеева Л.Е., Григорьев А.И. Использование методов оптимизации в задачах усиления конструкций. // Вестник ТГАСУ, 2015, №6(53), с. 57-70.
5. Ляхович Л.С., Акимов П.А., Тухфатуллин Б.А. О задачах поиска минимума и максимума в строительной механике. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2017, Volume 13, Issue 2, pp. 103-124.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЫКА НА ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЯХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

А.Н. Малахова, Д.А. Маринина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, gbk@mgsu.ru

Аннотация

Особенностью расчетов крупнопанельных зданий, в том числе их численных расчетов с использованием различных программных комплексов, является учет податливости стыков сборных элементов при моделировании расчетной схемы конструктивной системы крупнопанельных зданий.

Для современных крупнопанельных зданий наибольшее применение имеют платформенные горизонтальные стыки и вертикальные стыки на закладных деталях. Платформенные горизонтальные стыки давно применяются в практике проектирования крупнопанельных зданий, они хорошо изучены и определение их податливости не вызывает сложности, что нельзя сказать о вертикальных стыках на закладных деталях.

Податливость стыка на закладных деталях, или ее обратная величина - жесткость стыка, определяется как сумма податливостей конструктивных элементов, а также сварных швов стыка и связана с конструктивными параметрами закладных деталей, видом и параметрами соединительного элемента, параметрами и качеством выполнения сварных швов. Экспериментальные исследования стыка свидетельствуют о важности учета податливости всех конструктивных элементов и сварных швов стыка на закладных деталях, а также о возможности при приложении предельных нагрузок разрушения стыка как по конструктивным элементам, так и сварным швам стыка.

Описание податливости (жесткости) стыков крупнопанельных зданий, в том числе вертикальных стыков панелей на закладных деталях, является необходимым этапом моделирования расчетных схем. Податливость влияет на перераспределение напряжений между несущими элементами здания и от правильности ее определения и задания при выполнении численных расчетов зависит достоверность результатов определения прочности и устойчивости крупнопанельных зданий. Для расчета податливости сварных вертикальных стыков на закладных деталях от вертикальной сдвигающей и горизонтальной сжимающей (растягивающей) нагрузки с возможностью варьирования конструктивных параметров и учета результатов экспериментальных исследований предназначена предлагаемая авторами и прошедшая государственную регистрацию компьютерная программа «New displacement».

ВВЕДЕНИЕ

К концу прошлого столетия состоялся переход от широкого применения крупнопанельных зданий для жилищного строительства к преимущественному проектированию и возведению жилых зданий из монолитного железобетона. Целесообразность проектирования и возведения в прошлом монолитных зданий определялась, как правило, недостаточно развитой базой панельного домостроения, наличием затруднений с типизацией и унификацией конструктивных элементов зданий, особыми условиями строительства, например строительством в сейсмических районах, строительством для зданий повышенной этажности. При этом было принято считать, что при применении монолитного железобетона имеет место значительное уменьшение капитальных затрат и снижение расхода арматуры [1].

Возврат к проектированию и возведению крупнопанельных жилых зданий на современном этапе предпринят в новых условиях, которые характеризуются широким применением численных методов расчета, позволяющим выполнять сложные и всесторонние вычисления и тем самым повышать надежность крупнопанельных зданий; увеличением

этажности и расстояния между вертикальными несущими конструкциями; повышением классов применяемых материалов; появлением новых конструктивных решений, в том числе стыков несущих элементов крупнопанельных зданий.

Тенденции развития архитектурно-строительного проектирования крупнопанельного домостроения приведены в [2, 3, 4].

Наиболее используемыми при проектировании современных крупнопанельных зданий являются платформенные горизонтальные стыки и вертикальные стыки на закладных деталях. Платформенные горизонтальные стыки давно применяются в практике проектирования крупнопанельных зданий, они хорошо изучены, определение их податливости не вызывает сложности, рекомендации и методика по ее определению приводится в своде правил по проектированию крупнопанельных конструктивных систем [5]. Этого нельзя сказать о вертикальных стыках.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Вертикальные стыки многоэтажных крупнопанельных зданий выполняются в настоящее время сваркой закладных деталей стыкуемых стеновых панелей с использованием соединительных пластин или уголковых элементов. Такие стыки заменили используемые ранее шпоночные соединения вертикальных стыков стеновых панелей со сваркой или без сварки арматурных выпусков (петель). В нормативной литературе можно найти требования по конструированию и определению податливости этих стыков, что нельзя сказать в полной мере о вертикальных стыках на закладных деталях. На рис.1 приведены схемы упомянутые вертикальных стыков крупнопанельных зданий.

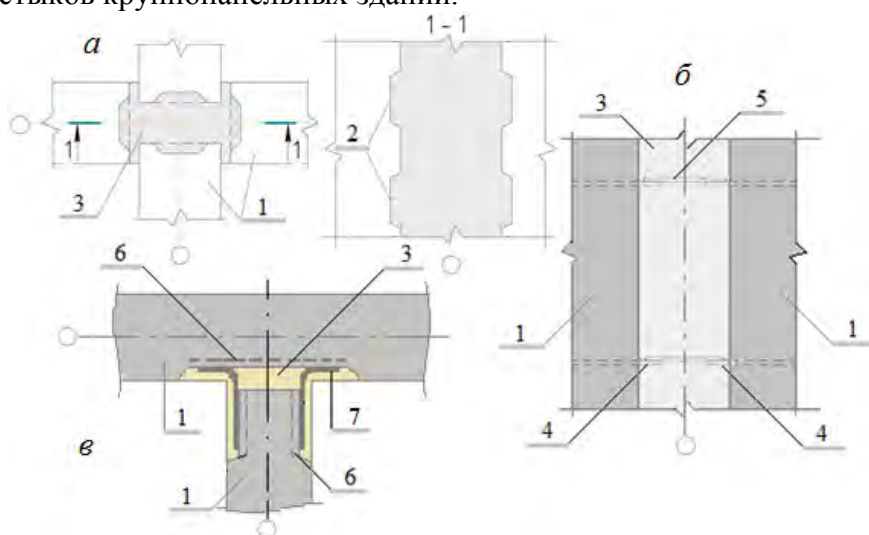


Рис.1. Варианты конструктивного решения стыков стеновых панелей: *а* – шпоночное соединение стеновых панелей, *б* – тоже со сваркой стальных арматурных выпусков, *б* – на закладных деталях с соединительными элементами в виде гнутых уголков (1 – стеновые панели, 2 – шпонки, 3 – замоноличенный стык, 4 – арматурные выпуски из стеновых панелей, 5 – соединительный стержень для сопряжения арматурных выпусков, 6 – закладные детали стеновых панелей, 7 – соединительный элемент в виде гнутых уголков)

Как показано на рисунке 1в, конструктивными элементами стыка на закладных деталях являются собственно закладные детали стеновых панелей, соединительные элементы в виде пластин, фасонных или гнутых уголков.

В свою очередь, закладные детали стеновых панелей включают в себя пластины с приваренными к ним анкерами. Податливость стыка на закладных деталях, или ее обратная величина - жесткость стыка, определяется как сумма податливостей конструктивных элементов, а также сварных швов стыка и связана с конструктивными параметрами закладных деталей, видом и параметрами соединительного элемента, параметрами и качеством выполнения сварных швов.

Результаты экспериментальных исследований, направленные на количественную оценку податливости различных вариантов конструктивного решения вертикальных стыков стеновых элементов крупнопанельного здания, выполненные в 70...80 годы прошлого столетия, приведены в [6].

Современные экспериментальные исследования вертикальных стыков, в том числе стыков на закладных деталях, сегодня также направлены на количественную оценку податливости стыков и выявление особенностей распределения податливости между конструктивными элементами стыка [7, 8]. Поэтому измерительные приборы устанавливаются на конструктивные элементы стыка (закладные детали и соединительный элемент), а также на различные участки конструктивных элементов стыка.

Для закладных деталей измерительные приборы устанавливаются на пластину и анкерные стержни.

На рисунке 2а приведены графики изменения податливости пластины и анкера закладной детали стеновых панелей в вертикальном стыке в зависимости от интенсивности нагрузки при испытании стыка на вертикальный сдвиг. Приведенные графики позволяют судить о распределении податливости между конструктивными элементами закладной детали и показывают определяющую роль податливости анкеров при вычислении общей податливости закладных деталей сопрягаемых в стыке стеновых панелей. На рисунке 2б приведены графики распределения податливости между закладными деталями и соединительным элементом в виде гнутого уголка. Из графика 2б видно, что разрушение стыка происходит по гнутому уголку. Перед разрушением гнутого уголка его податливость резко возрастает.

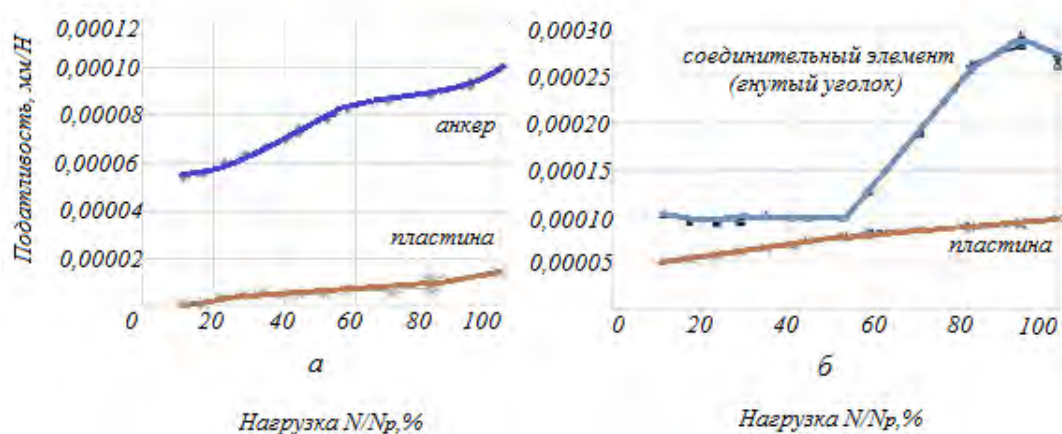


Рис.2. Графики: *а* – изменения податливости различных элементов (пластины и анкера) закладной детали стыка, *б* – распределения податливости между конструктивными элементами стыка (закладной детали и соединительного элемента) в зависимости от интенсивности нагружения (сдвига) при испытании вертикального стыка

В соответствии с нормами по проектированию крупнопанельных зданий [5] статический расчет конструктивных систем таких зданий необходимо выполнять численными методами на объемной расчетной модели «здание-основание». Описание податливости (жесткости) стыков крупнопанельных зданий, в том числе вертикальных стыков панелей на закладных деталях, является необходимым условием моделирования расчетных схем.

Податливость стыков влияет на перераспределение напряжений между несущими элементами крупнопанельных зданий, и от правильности определения податливости и ее задания при выполнении численных расчетов зависит достоверность результатов определения прочности и устойчивости крупнопанельных зданий.

Определение податливости, в том числе вертикального стыка на закладных деталях, базируется на рекомендациях и методиках, приведенных в нормативной литературе [5, 10], их совершенствование опирается на результаты лабораторных исследований по определению податливости [6, 7, 8, 9]. Обращение к экспериментальным исследованиям является необходимым для разработки новых подходов к определению податливости.

В современных программных комплексах при выполнении расчетов крупнопанельного здания его конструктивная система в расчетной схеме моделируется из отдельных элементов (стеновых панелей и плит перекрытий) с описанием податливости (жесткости) стыков между ними. Для автоматизированного расчета податливости сварных вертикальных стыков на закладных деталях от вертикальной сдвигающей и горизонтальной сжимающей (растягивающей) нагрузки с возможностью варьирования конструктивных параметров и учета результатов экспериментальных исследований авторами разработана и предложена компьютерная программа «New displacement», прошедшая государственную регистрацию.

Языком программирования для компьютерной программы «New displacement» является JavaScript, который позволяет открывать программу в любом интернет-браузере, код программы может быть встроен в интернет-сайт для выполнения расчетов в режиме - online, что повышает доступность программы и простоту использования.

На рисунке 3 приведена блок-схема компьютерной программы «New displacement».

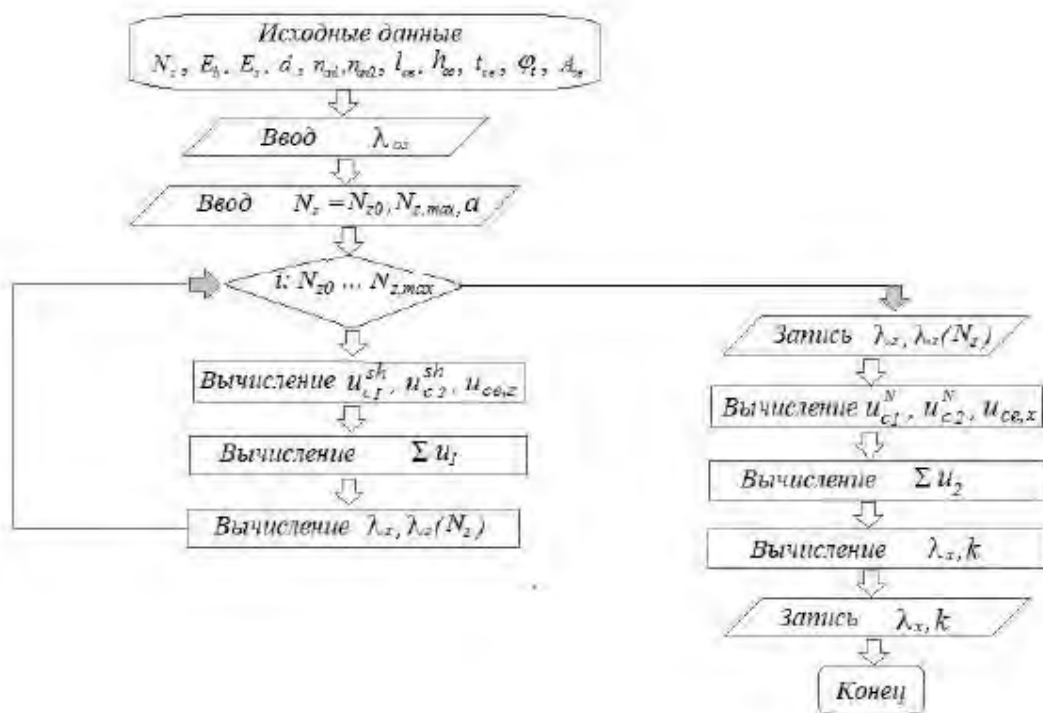


Рис. 3. Блок-схема компьютерной программы «New displacement»

С помощью программы «New displacement» можно определить значения податливости вертикального стыка на закладных деталях, вводя в программу следующие параметры: конструктивные параметры элемента стыка (закладных деталей и соединительного элемента); начальное и конечное значения вертикальной сдвигающей нагрузки со степенями ее приложения, величина горизонтальной нагрузки и др.

В блок-схеме компьютерной программы «New displacement» приведены следующие буквенные обозначения:

- N_x - горизонтальное усилие;
- E_b - модуль упругости бетона;
- E_s - модуль упругости стали;

d - диаметр анкера;

n_{an1}, n_{an2} - количество анкеров соответственно в 1й детали, во 2й детали;

l_{ce} - длина соединительного элемента;

h_{ce} - высота соединительного элемента;

t_{ce} - толщина соединительного элемента;

φ_t - коэффициент;

A_{ce} - площадь поперечного сечения соединительного элемента в рассматриваемом направлении.

При разработке компьютерной программы «New displacement» были проанализированы различные подходы к определению податливости вертикального стыка на закладных деталях, учтен опыт экспериментальных исследований таких стыков. Применение компьютерной программы «New displacement» было апробировано при выполнении расчетов крупнопанельных конструктивных систем.

ВЫВОДЫ

Определение податливости стыка на закладных деталях крупнопанельных зданий представляет определенную сложность ввиду того, что методика расчета таких стыков в настоящее время недостаточно разработана и отражена в нормативной литературе. Между тем в практике крупнопанельного домостроения вертикальные стыки с объединением закладных деталей стеновых панелей стальными соединительными элементами являются самым распространенным конструктивным решением. Кроме того, при выполнении численных расчетов крупнопанельных конструктивных систем требуется первоначальное задание податливости (жесткости) вертикальных стыков на закладных деталях с последующей их корректировкой. Предлагаемая для этих целей компьютерная программа позволяет сокращать время на определение податливости стыков и ее корректировку в процессе выполнения расчетов для гармонизации напряженно-деформированного состояния элементов расчетной схемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие по проектированию жилых зданий // ЦНИИЭПжилища. Вып.3. Конструкции жилых зданий. – М.: Стройиздат. 1989. 304 с.
2. Магай А.А., Минашкин В.И., Зырянов В.С. Современные тенденции проектирования серий крупнопанельных зданий // Жилищное строительство. 2014. №5. С.26-29.
3. Данель В.В. Совершенствование конструкций и расчетных схем крупнопанельных зданий // Жилищное строительство. 2014. №.5. С.55-59.
4. Зенин С.А., Кабанцев С.А. Анализ существующих методов оценки податливости связей крупнопанельных зданий // Бетон и железобетон. 2016. №3. С.27-29.
5. СП 335.1325800.2017. Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования.
6. Дроздов П.Ф., Додонов М.И., Паньшин Л.Л., Саруханян Р.Л. Проектирование и расчет многоэтажных гражданских зданий и их элементов. - М.: Стройиздат. 1986. С.136-142.
7. Люблинский В.А, Томина М.В. Экспериментальное исследование прочности и податливости вертикального сварного стыка // Системы. Методы. Технологии. 2018. №3 (39). С. 154-158.
8. A. Malakhova, D. Davletbaeva. The consideration of compliance of structural joints in calculation of large panel buildings // XXII International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment" (FORM-2019), Tashkent, Uzbekistan. E3S Web of Conferences, Volume 9, 2019.
9. Малахова А.Н., Маринина Д.А. Податливость стыков крупнопанельных зданий на закладных деталях // Строительство и реконструкция. 2019. №6. С.10-18.
10. Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций // НИИЖБ. – М.: Стройиздат. 1984. 87с.

ДИСКРЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КОЛЕБАНИЯХ БАЛКИ ПРИ УДАРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В-СПЛАЙНОВ

М.Л. Мозгалева¹, М.Ю. Носырина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*marina.mozgaleva@gmail.com*

²*m.y.radnaeva@gmail.com*

Аннотация

Рассматривается известная задача о действии поперечной ударной нагрузки в середине балки, определяется линия прогибов балки для любого момента времени, приводится математическая формулировка задачи. Для решения задачи используется дискретно-аналитический метод, который состоит в следующем: по оси x проводится конечно-элементная аппроксимация, а по оси времени t рассматривается непрерывная задача. Для дискретной составляющей решения конечно-элементная аппроксимация строится на основе применения В-сплайнов. Неизвестная функция прогиба на элементе представлена в виде линейной комбинации базисных функций В-сплайнов. Используемый дискретно-аналитический метод решения приводит к дискретно-континуальной постановке исходной задачи. Получаем результирующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и начальными условиями. Для задачи, сформулированной таким образом, известен общий вид решения.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время использование аппарата вейвлет-анализа в рамках метода конечных элементов вызывает большой интерес у исследователей, работающих в области расчета строительных конструкций [1-9]. В работе [8] представлен обзор зарубежных публикаций последних лет, посвященный вопросам вейвлет-реализациям метода конечных элементов, основанных на использовании вейвлетов Добеши. Приводится классификация разработанных методов и алгоритмов. В продолжение к этому в работе [9] представлен аналогичный обзор, посвященный вопросам вейвлет-реализациям метода конечных элементов, основанных на использовании В-сплайн-вейвлетов. В-сплайны имеют компактный носитель. В отличие от вейвлетов Добеши [3-4] В-сплайны имеют явный вид. Их использование для аппроксимации неизвестных функций на элементе позволяет производить дифференцирование и интегрирование в явном виде [2]. Этот факт значительно упрощает задачу построения разрешающей системы уравнений относительно узловых неизвестных.

Настоящая статья посвящена дискретно-аналитическому решению задачи о действии поперечной ударной нагрузки в середине балки [3]. При этом дискретная составляющая решения задачи основана на использовании метода конечных элементов с применением В-сплайнов.

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается задача о действии поперечной ударной нагрузки в середине балки, определяется линия прогибов балки для любого момента времени.

Математическая формулировка задачи имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\beta_0 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + F(x, t) \quad - \text{уравнение колебаний,} \\ 0 < x < \ell, t > 0, - \text{пространственно - временная область} \\ \left. \begin{array}{l} y(0, t) = y(\ell, t) = 0 \\ y''(0, t) = y''(\ell, t) = 0 \end{array} \right\} - \text{краевые условия, } t \geq 0 \\ \left. \begin{array}{l} y(x, 0) = y_0(x) = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial t}(x, 0) = y'_t(x) = 0 \end{array} \right\} - \text{начальные условия, } 0 \leq x \leq \ell \end{array} \right. \quad (1)$$

где $y(x, t)$ – прогиб балки в точке x в момент времени t ; x – координата по длине балки, $0 \leq x \leq \ell$; t – координата по времени, $t \geq 0$; $\beta_0 = EJ/\rho$; EJ – изгибная жесткость балки; ρ – плотность материала балки; $F(x, t) = P \cdot \delta(x - \ell/2) \delta(t)$ – функция, моделирующая поперечное ударное воздействие по балке в точке $x = \ell/2$; $\delta(x - \ell/2)$ и $\delta(t)$ – дельта-функции.

2. ДИСКРЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Для решения задачи будем использовать дискретно-аналитический метод [1-2], который состоит в следующем: по оси x проводится конечно-элементная аппроксимация, а по оси времени t рассматривается непрерывная задача.

2.1. Метод конечных элементов на основе использования В-сплайнов.

Разобьем отрезок $[0, \ell]$, занимаемый балкой, на N_e частей (элементов), $h_e = \ell / N_e$ – длина элемента. Каждый элемент разобьем также на N_k частей, например, $N_k = 5$. Обозначим i_e – номер элемента, $x_1(i_e)$ – координата начальной точки, $x_6(i_e)$ – координата конечной точки i_e -го элемента, соответственно. В граничных точках примем в качестве неизвестных y_i и y'_i , $i = 1, 6$, во внутренних – y_i , $i = 2, 3, 4, 5$. Таким образом, количество неизвестных на элементе при такой разбивке равно

$$N = N_k - 1 + 2 \cdot 2 = N_k + 3 = 8. \quad (2)$$

Поскольку количество граничных точек по всем элементам $N_b = N_e + 1$, а количество внутренних точек по всем элементам $N_p = N_e(N_k - 1)$, то общее (глобальное) количество неизвестных при таком разбиении получается равным $N_g = N_p + 2N_b$.

2.2. Локальные построения на элементе.

Переходим к локальным координатам: $t = (x - x_{1(i_e)})/h_e$, $x_{1(i_e)} \leq x \leq x_{6(i_e)}$, $0 \leq t \leq 1$. При этом имеют место следующие соотношения:

$$x = x_i \Rightarrow t = (x_i - x_{1(i_e)})/h_e, \quad i = 1, \dots, 6, \quad \frac{d^p}{dx^p} = \frac{1}{h_e^p} \frac{d^p}{dt^p}, \quad dx = h_e \cdot dt \quad (3)$$

Поскольку количество неизвестных на элементе $N = 8$, для представления неизвестной функции прогиба воспользуемся В-сплайном степени 7:

$$\varphi(t) = \frac{1}{7!} \frac{1}{2} (\Delta_2)^4 (t^6 |t|) =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 7!} [(t+4)^6 |t+4| - 8(t+3)^6 |t+3| + 28(t+2)^6 |t+2| - 56(t+1)^6 |t+1| + 70t^6 |t| - 56(t-1)^6 |t-1| + 28(t-2)^6 |t-2| - 8(t-3)^6 |t-3| + (t-4)^6 |t-4|] \quad (4)$$

Эта функция является В-сплайном, симметричным относительно $t=0$ и ее носитель определен интервалом $[-4, 4]$.

Обозначим

$$\begin{aligned} \varphi_1(t) &= \varphi(t+3), \varphi_2(t) = \varphi(t+2), \varphi_3(t) = \varphi(t+1), \varphi_4(t) = \varphi(t), \varphi_5(t) = \varphi(t-1), \\ \varphi_6(t) &= \varphi(t-2), \varphi_7(t) = \varphi(t-3), \varphi_8(t) = \varphi(t-4), \quad 0 \leq t \leq 1 \end{aligned} \quad (5)$$

Представим неизвестную функцию прогиба $y(x, t)$ для фиксированного значения t в виде

$$y(x, \cdot) = w(t) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(t), \quad x_{1(i_e)} \leq x \leq x_{6(i_e)}, \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (6)$$

Подставим (6) в квадратичную часть функционала энергии на элементе i_e , учитывая соотношения (3).

$$\int_{x_1(i_e)}^{x_6(i_e)} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx = \frac{1}{h_e^3} \int_0^1 (w'')^2 dt = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j \frac{1}{h_e^3} \int_0^1 (\varphi_i''(t) \varphi_j''(t)) dt = (K_{\alpha}^{i_e} \bar{\alpha}, \bar{\alpha}), \quad (7)$$

Определим параметры α_k через узловые неизвестные на элементе $y_i = y_i(t) = y(x_i, t)$:

$$\left\{ \begin{aligned} y_1 &= w(0) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(0) \\ \frac{dy_1}{dx} &= \frac{1}{h_e} w'(0) = \frac{1}{h_e} \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k'(0) \\ y_2 &= w(0.2) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(0.2) \\ y_3 &= w(0.4) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(0.4) \\ y_4 &= w(0.6) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(0.6) \\ y_5 &= w(0.8) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(0.8) \\ y_6 &= w(1) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k(1) \\ \frac{dy_6}{dx} &= \frac{1}{h_e} w'(1) = \frac{1}{h_e} \sum_{k=1}^N \alpha_k \varphi_k'(1) \end{aligned} \right.$$

Следовательно,

$$\bar{y}^{i_e} = T \bar{\alpha}, \quad (8)$$

где

$$\bar{y}^{i_e} = [y_1 \quad \frac{dy_1}{dx} \quad y_2 \quad y_3 \quad y_4 \quad y_5 \quad y_6 \quad \frac{dy_6}{dx}]^T, \quad \bar{\alpha} = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4 \quad \alpha_5 \quad \alpha_6 \quad \alpha_7 \quad \alpha_8]^T,$$

$$T = D \begin{bmatrix} \varphi_1(0) & \varphi_2(0) & \varphi_3(0) & \varphi_4(0) & \varphi_5(0) & \varphi_6(0) & \varphi_7(0) & \varphi_8(0) \\ \varphi_1'(0) & \varphi_2'(0) & \varphi_3'(0) & \varphi_4'(0) & \varphi_5'(0) & \varphi_6'(0) & \varphi_7'(0) & \varphi_8'(0) \\ \varphi_1(0.2) & \varphi_2(0.2) & \varphi_3(0.2) & \varphi_4(0.2) & \varphi_5(0.2) & \varphi_6(0.2) & \varphi_7(0.2) & \varphi_8(0.2) \\ \varphi_1(0.4) & \varphi_2(0.4) & \varphi_3(0.4) & \varphi_4(0.4) & \varphi_5(0.4) & \varphi_6(0.4) & \varphi_7(0.4) & \varphi_8(0.4) \\ \varphi_1(0.6) & \varphi_2(0.6) & \varphi_3(0.6) & \varphi_4(0.6) & \varphi_5(0.6) & \varphi_6(0.6) & \varphi_7(0.6) & \varphi_8(0.6) \\ \varphi_1(0.8) & \varphi_2(0.8) & \varphi_3(0.8) & \varphi_4(0.8) & \varphi_5(0.8) & \varphi_6(0.8) & \varphi_7(0.8) & \varphi_8(0.8) \\ \varphi_1(1) & \varphi_2(1) & \varphi_3(1) & \varphi_4(1) & \varphi_5(1) & \varphi_6(1) & \varphi_7(1) & \varphi_8(1) \\ \varphi_1'(1) & \varphi_2'(1) & \varphi_3'(1) & \varphi_4'(1) & \varphi_5'(1) & \varphi_6'(1) & \varphi_7'(1) & \varphi_8'(1) \end{bmatrix}$$

$$D = \text{diag}(1 \ 1/h_e \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1/h_e)$$

Из (8) следует

$$\bar{\alpha} = T^{-1} \bar{y}^{ie} \quad (9)$$

Подставляя (9) в (7), получим

$$(K_{\alpha}^{ie} T^{-1} \bar{y}^{ie}, T^{-1} \bar{y}^{ie}) = (K^{ie} \bar{y}^{ie}, \bar{y}^{ie}), \quad (10)$$

где $K^{ie} = (T^{-1})^T K_{\alpha}^{ie} T^{-1}$ – локальная матрица жесткости,

$$\text{Обозначив} \quad \bar{y}(t) = [y_1(t) \ y_2(t) \ \dots \ y_{N_g}(t)]^T, \quad (11)$$

можем представить разрешающую систему конечно-элементных уравнений в матричном виде

$$\begin{cases} \bar{y}''(t) = -A\bar{y} + \bar{F} \\ \bar{y}(0) = \bar{y}_0 \\ y'(0) = \bar{y}'_0 \end{cases} \quad \text{– начальные условия} \quad (12)$$

где A – глобальная матрица жесткости.

Матрица A положительно определена. Общее решение задачи (12) имеет вид:

$$\bar{y}(t) = \cos(\sqrt{A} t) \bar{y}_0 + \sqrt{A}^{-1} \sin(\sqrt{A} t) \bar{y}'_0 + \sqrt{A}^{-1} \int_0^t \sin \sqrt{A}(t - \tau) \bar{F}(\tau) d\tau. \quad (13)$$

По условию рассматриваемой задачи

$$F(x, t) = P \cdot \delta(x - \ell/2) \delta(t), \quad (14)$$

откуда следует, что

$$\bar{F}(t) = \delta(t) \cdot \bar{F}_0, \quad \text{где} \quad \bar{F}_0(i) = P \cdot \begin{cases} 1, & i = (N_g + 1)/2 \\ 0, & i \neq (N_g + 1)/2 \end{cases}. \quad (15)$$

Подставив (15) в (13) и учитывая начальные условия, получим окончательный вид решения задачи:

$$\bar{y}(t) = \sqrt{A}^{-1} \sin(\sqrt{A} t) \bar{F}_0. \quad (16)$$

ВЫВОДЫ

В общепринятом подходе для представления В-сплайнов используется рекурсивный процесс. Для получения В-сплайна, например, седьмой степени предварительно требуется последовательно построить В-сплайны от первой до шестой степени и только после этого можно получить В-сплайн седьмой степени. Авторами в отличие от общепринятого

рекурсивного построения В-сплайнов приводятся конечные формулы нормализованных базисных функций В-сплайнов произвольной степени. Представление неизвестной функции прогиба на элементе в виде линейной комбинации базисных функций В-сплайнов позволяет применить такое конечно-элементное разбиение, при котором существенно уменьшается количество узловых неизвестных дискретной составляющей решения, в отличие от традиционного представления неизвестной функции на элементе кубическими полиномами. При этом не происходит потери точности аппроксимации. Выбор степени применяемого В-сплайна диктуется количеством внутренних узлов, заданных на элементе. Используемый дискретно-аналитический метод решения приводит к дискретно-континуальной постановке исходной задачи. Получаем результирующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и начальными условиями. Важно отметить, что матрица коэффициентов положительно определена (все ее собственные числа положительные, в чем можно убедиться при их непосредственном вычислении). Для задачи, сформулированной таким образом, известен общий вид решения. Подставляя в общий вид решения конкретные данные, получаем дискретно-аналитическое решение исходной задачи: дискретное по длине балки и аналитическое по времени. Это значит, что в произвольный момент времени можно вычислить по аналитической формуле значения прогиба балки в узлах, заданных конечно-элементным разбиением длины балки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов П.А., Мозгалева М.Л. Многоуровневые дискретные и дискретно-континуальные методы локального расчета строительных конструкций. М.: МГСУ, 2014. 632 с.
2. Акимов П.А., Мозгалева М.Л., Кайтуков Т.Б. Дискретно-континуальный метод на основе В-сплайнов для решения задачи об изгибе пластины. // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №9. С. 4-12.
3. Mozgaleva M.L., Akimov P.A., Kaytukov T.B. About wavelet-based computational beam analysis with the use of Daubechies scaling functions. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2019, Vol. 15, Issue 2, pp. 95-110.
4. Mozgaleva M.L., Akimov P.A., Kaytukov T.B. Wavelet-based discrete-continual finite element plate analysis with the use of Daubechies scaling functions. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2019, Vol. 15, Issue 3, pp. 96-108.
5. Akimov P.A., Aslami M. About verification of correct wavelet-based approach to local static analysis of Bernoulli beam. // Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols. 580-583, pp. 3013-3016.
6. Akimov P.A., Aslami M. Theoretical foundations of correct wavelet-based approach to local static analysis of Bernoulli beam. // Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols. 580-583, pp. 2924-2927.
7. Aslami M., Akimov P.A. Analytical solution for beams with multipoint boundary conditions on two-parameter elastic foundation. // Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2016, Vol. 16, Issue 4, pp. 668-677.
8. Кайтуков Т.Б., Мозгалева М.Л., Акимов П.А. Об использовании аппарата вейвлет-анализа в рамках метода конечных элементов для расчета строительных конструкций. Часть 1: Вейвлет-реализация метода конечных элементов на основе вейвлетов Добеши. // Сборник научных трудов РААСН. Том 2.– М.: Издательство АСВ, 2019, с.241-248.
9. Кайтуков Т.Б., Мозгалева М.Л., Акимов П.А. Об использовании аппарата вейвлет-анализа в рамках метода конечных элементов для расчета строительных конструкций. Часть 2: Вейвлет-реализация метода конечных элементов на основе сплайн-вейвлетов. // Сборник научных трудов РААСН. Том 2.– М.: Издательство АСВ, 2019, с.249-260.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДВУХ ПРОЛЕТНЫХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК ПРИ СОВМЕСТНОМ СИЛОВОМ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРУЖЕНИЯХ

Т.А. Назаров^{1,2}, А.Д. Истомина²

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова», 677000 Якутск, ул. Беллинского, 58,

nazarovta@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26, nauka.07@mail.ru

Аннотация

В районах с многолетнемерзлыми грунтами здания и сооружения в основном строятся на железобетонных свайных фундаментах с проветриваемыми подпольями, в которых возникают вынужденные температурные усилия из-за значительных температурных перепадов. Исследования напряженно-деформированного состояния данных конструкций являются малоизученными. В этой связи актуальным является исследование поведения двух пролетных железобетонных балок, закрепленных от свободных температурных деформаций, при совместном силовом и низкотемпературном нагружении, что моделирует поведение ростверков свайных фундаментов на многолетнемерзлых грунтах.

В данной статье проведен анализ экспериментальных исследований железобетонных образцов в условиях отрицательных температур, представленных в мировой научно-технической литературе. Приведена методика планируемых экспериментальных исследований двух пролетных железобетонных балок на запроектированном испытательном стенде и климатической камере с разомкнутым холодильным циклом.

ВВЕДЕНИЕ

Для исследования напряженно-деформированного состояния свайных фундаментных конструкций на многолетнемерзлых грунтах (ММГ) опытные железобетонные образцы должны быть приближены к работе таких конструкций при температурно-влажностных воздействиях. На ростверк этих фундаментов одновременно действуют силовые вертикальные нагрузки и отрицательная климатическая температура, от которого из-за ограничения свободных температурных деформаций возникают температурные усилия. Свайный ростверк в этом случае работает как растянуто-изгибаемая многопролетная неразрезная балка.

Обзор существующих экспериментальных исследований железобетонных конструкций при низких температурах показывает, что в основном исследования проводились с целью изучения напряженно-деформированного состояния ледостойких платформ для добычи нефти и газа в арктической зоне, предварительно напряженных железобетонных резервуаров сжиженного газа, мостов в холодном климате [1-7]. При этом проводились испытания разных железобетонных образцов: балок статически определимых и неопределимых в температурном отношении, двухпролетных неразрезных статически неопределимых балок в силовом отношении, внецентренно сжатые и центрально-растянутые элементы. Испытания при одновременном действии силовых и отрицательных климатических температур статически-неопределимых как в температурном, так и в силовом отношении двух-(или более) пролетных балок, что в полной мере характеризует напряженно-деформированное состояние свайных фундаментов на многолетнемерзлых грунтах, не проводились.

Исследования бетона и железобетона при отрицательных температурах имеют сложности и высокую трудоёмкость, что отмечают некоторыми авторами [12, 1]. Основным недостатком является невозможность непосредственного доступа к приборам и

датчикам, которые находятся в таких же условиях, как и испытуемые образцы, а также невозможность определять характер и ширину раскрытия трещин традиционными способами.

По большей части приборы и датчики при отрицательных климатических температурах не работают или могут показать искаженные результаты. Поэтому механические часовые индикаторы, которые находятся вместе с образцами в холодильной камере, предварительно смазывают маслом с низкой температурой замерзания. В качестве материала стержней-удлинителей используют кварц или специальный сплав железа с никелем – инвар, которые имеют низкий коэффициент температурной деформации. Однако, даже при надежной работе индикатора при длительных воздействиях низких температур на стекле индикатора или окна камеры выпадает иней и снять результаты становится невозможным [12, 8]. Отмечается также, высокая чувствительность к увлажнению незащищенных тензорезисторов при контакте с поверхностью бетона, на которую конденсирует при замораживании и оттаивании влага [12]

При температурных испытаниях стоит вопрос температурной компенсации тензодатчиков. В работе [12] температурная компенсация выполнялась расчетным путем по данным деформаций бетонной призмы, арматуры и кварцевой трубки, которые охлаждались вместе с испытуемым образцом. В этой же работе измерения ширины раскрытия трещин проводились методом фотографирования с эталоном через окно в холодильной камере. Эталоном служила калибровочная проволока, которая служила для определения масштаба фотографии. Ширина трещины измерялась по фотографии с помощью микроскопа. Для контроля точности измерений автор выполнил параллельные замеры балки, испытываемой в нормальных условиях, что показала высокую точность метода.

В современных исследованиях для измерения деформаций, в том числе ширины раскрытия трещин, используется метод корреляции цифровых изображений (DIC-метод) и метод лазерной анемометрии по изображению частиц (системы PIV), но при применении данных приборов также нужна калибровка этих систем при низких температурах, что были проведены в работах [19, 20, 21].

Одной из проблем испытания балок при отрицательных температурах является высокая стоимость климатических камер больших размеров, в которых должны проводиться испытания. Для эффективного использования объема камеры для испытания длинных балок многие ученые в своих исследованиях [12, 19, 5] реконструировали камеры под размеры образцов.

В работе [12] на базе холодильного агрегата разработали холодильную камеру для испытания образцов из бетонных призм и отдельно для железобетонных балок с воздухопроводом от первого. Климатическая камера имела сложную форму. Так, для измерения средних продольных деформаций бетона и арматуры часовые индикаторы были вынесены за пределы камеры с помощью реперов, по которым изоляция камеры повторяла их форму. Также, по принятой схеме автора рычаги и концы железобетонных образцов вынесены за пределы холодильной камеры, что, по нашему мнению, могла привести к перепадам температур вдоль оси балки. Автором было отмечено, что при длительном морозном воздействии индикаторы покрывались инеем, что означает попадание тепла в образец.

В данных работах [1-6, 27] в качестве климатической камеры авторы использовали камеры собственной разработки из герметичных теплоизолированных панелей с разомкнутым холодильным циклом с использованием жидкого азота, т. е. жидкий азот расходовался и испарялся однократно. Для поддержания определенной температуры использовали автоматические терморегуляторы с электромагнитным клапаном, которые контролировали попадание жидкости в камеру.

Влияние отрицательных температур на бетон в наибольшей степени зависит от влагосодержания. Поэтому, для вариации влажностного состояния образцов используются разные способы водонасыщения. Здесь следует учесть, что водонасыщение искусственными

способами, в первую очередь вакуумированием, может привести к нарушению структуры бетона до замораживания [7].

Для получения температурных усилий необходимо ограничивать перемещение образца в осевом направлении. В своей работе Бойко В. Г. [11] ограничивал перемещение опор в горизонтальном направлении с помощью ножевых опор с обеспечением свободного поворота сечений прижимными устройствами, Истомин А. Д. [8] ограничивал массивными жесткими торцевыми стойками, где закреплялись арматурные стержни анкерными болтами.

В связи с вышеупомянутым планируется исследовать двухпролетную неразрезную статически-неопределимую балку, ограниченную при температурном воздействии в осевом направлении. При такой схеме возникают продольные растягивающие усилия от температурных деформаций.

Экспериментальные исследования двухпролетных балок планируем провести при одновременном воздействии силовых вертикальных нагрузок и отрицательных климатических температур (-60°C) с вариацией влажности бетона.

В качестве экспериментальных образцов будут использоваться балки прямоугольного сечения размером 10×15 см, общей длиной 260 см и с рабочими пролетами 120 см. Арматурный каркас состоит из двух продольных растянутых арматур класса А400С с диаметром 10 или 12 мм в зависимости от серии балок, двух сжатых конструктивных арматур А400С с диаметром 6 мм, а также из хомутов А240 с диаметром 6 мм. Хомуты у опорной части средней опоры запроектированы с шагом 40 мм, а в остальной части балки с шагом 80 мм. Рабочие продольные растянутые арматуры стыкуются с конструктивными сжатыми арматурами сваркой внахлестку на длину 120 мм. Схемы армирования железобетонных балок и расположения тензодатчиков трех серий показаны на рисунке 1.

Для измерений деформаций арматуры будут склеены тензорезисторы FLA-5-11. Перед склеиванием поверхность тщательно зачищается и обезжиривается, по необходимости стачивается профиль арматуры в месте крепления. После склеивания тензорезисторы покрываются слоем силиконового герметика.

Бетонирование производится в опалубке из ламинированной фанеры, которая предварительно смазывается отработанным маслом. Бетонная смесь укладывается с послойным уплотнением глубинным вибратором. После бетонирования образцы накрываются полиэтиленовой пленкой. Твердение производится в естественных условиях в течение 28 суток.

На боковые поверхности образцов клеятся тензорезисторы PL-60-11 с базой 60 мм. Герметизация производится как со стороны поверхности бетона, так и с наружной стороны.

Испытания образцов балок производятся на запроектированном силовом стенде с рычажной установкой (рисунок 2, 3). В состав установки входит жесткая стальная двутавровая балка с массивными торцевыми стойками, на которых для ограничения изгибаемого элемента в осевом направлении закрепляются концы арматуры анкерными гайками.

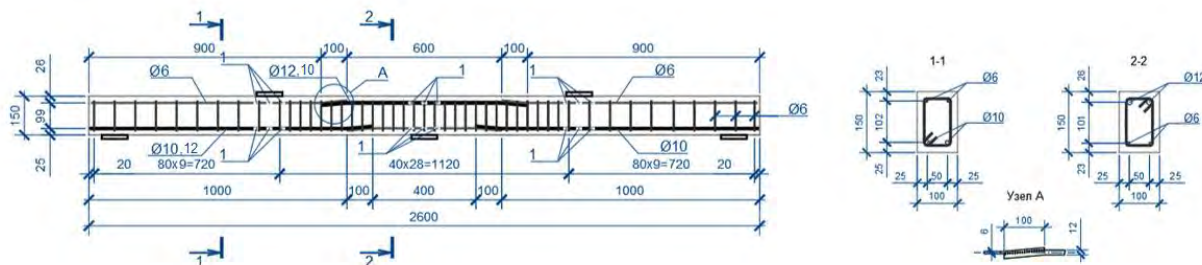


Рис. 1. Конструкция образцов и расположения тензодатчиков в арматуре
1 – тензодатчики FLA-5-11

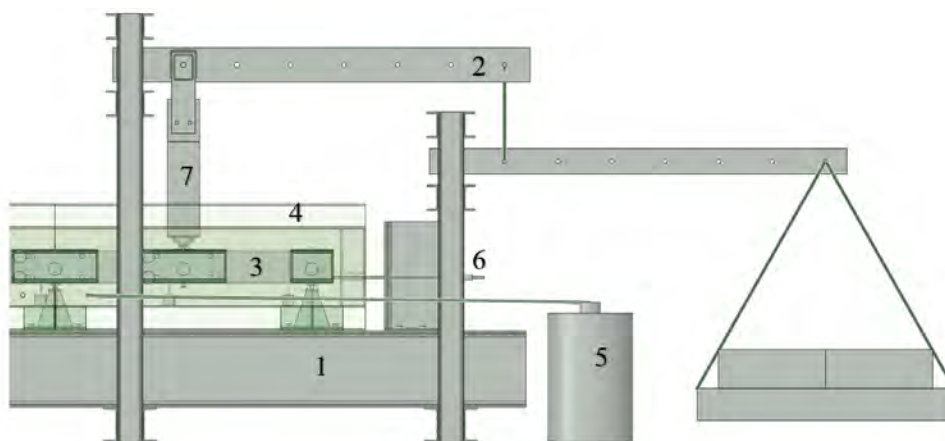


Рис. 2. Конструкция силовой установки для испытаний:

1 – конструкция силового стенда; 2 – нагружающая рычажная установка;
3 – образец; 4 – изоляция; 5 – сосуд Дьюара; 6 – анкерные гайки; 7 – деревянный брус

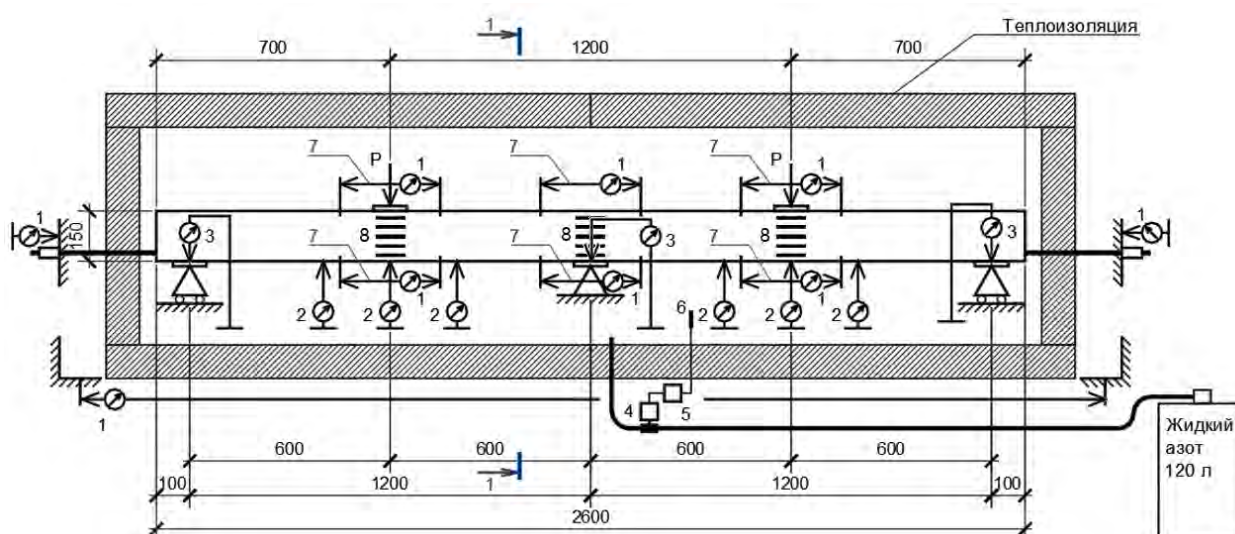


Рис. 3. Схема испытания железобетонной балки в климатической камере:

индикаторы часового типа 1 – 1 мм (0,001 мм); 2 – 50 мм (0,01 мм); 3 – 10 мм (0,01 мм);
4 - электромагнитный клапан; 5 – автоматический регулятор температуры;
6 – термопары; 7 – кварцевые стержни

Нагружающая рычажная установка увеличивает нагрузку 24,5 раза и рассчитана на максимальную нагрузку 147 кН на образец. Нагрузка от рычажной установки прикладывается по середине каждого пролета. Вертикальная нагрузка на образец передается через деревянный брус сечением 15x15 см для уменьшения «мостика холода» через нагружающий элемент. Увеличение нагрузки осуществляется с помощью мешков из песка.

Железобетонные образцы устанавливаются на трех опорах, которые закреплены на стальную двутавровую балку болтами с установкой между ними фанеры. Под опорами балок устанавливаются динамометрические датчики для определения опорных реакций.

Температура в бетоне определяется с помощью термопар. Измерение деформаций испытательного стенда и образца от силового нагружения и температурного воздействия проводятся по показателям индикатора часового типа с величиной деления 0,001 мм и удлинителями в виде кварцевых стержней, которые имеют низкий коэффициент температурной деформации (в среднем $6 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}$). Часовые индикаторы, которые будут внутри климатической камеры, смазываются моторным маслом, с низкой температурой застывания. Вертикальные деформации образца (прогибы, перемещения опор) измеряются

индикатором с величиной деления 0,01 мм. Расположение часовых индикаторов, тензодатчиков, датчиков температуры и влажности представлены на рисунке 5.

Для испытания образцов в отрицательных температурах запроектирована климатическая камера объемом 0,54 м³. В качестве холодильного агента используется жидкий азот, который расходуется и испаряется однократно, т. е. камера имеет разомкнутый холодильный цикл. Жидкий азот хранится в сосуде Дьюара объемом 120 литров. Охлаждение и поддержание низкой температуры осуществляется распылением жидкого азота через электромагнитный клапан, который подключен к автоматическому регулятору температуры. Регулятор с помощью датчиков температуры устанавливает частоту распыления электромагнитного клапана.

В качестве альтернативы можно применить воздухопроводы, которые выходят наружу здания в холодное время года (средняя температура г. Якутска с декабря по февраль -37,6°C [28]).

После установления нагружаемой рычажной установки, и передачи на балку собственного веса установки выполняется съем начальных показаний приборов.

Нагружение образцов осуществляется ступенями по 0,05 и 0,1 от предельной несущей способности P_u с десятиминутными выдержками, во время которого производится снятие показаний приборов. Меньшая доля нагружения применяется перед ожидаемым моментом трещинообразования и перед появлением пластического шарнира и разрушения образца.

Образцы охлаждаются после силового нагружения до температуры -60°C с шагом охлаждения 10 °C с закреплением балки в осевом направлении. На каждом этапе выдерживается температура на камере до тех пор, пока температура по всему образцу не станет одинаковой.

При силовом нагружении и температурном воздействии измеряются: деформации бетона и арматуры; перемещение торцевых стоек; температура бетона; перемещения опор балки и прогибы; деформации силового стенда; опорные реакции. Показатели часовых индикаторов, которые расположены внутри камеры, снимаются через окна климатической камеры. Окна будут иметь изнутри стеклоочистители для удаления инея.

ВЫВОДЫ

Обзор существующих экспериментальных исследований железобетонных конструкций при низких температурах показывает, что исследования статически неопределимых железобетонных конструкций, в которых возникают вынужденные усилия из-за несоответствия температуры эксплуатации и температуры замыкания, сегодня остаются малоизученными и имеют сложности и высокую трудоёмкость.

По приведенной методике экспериментальных исследований планируется получить данные о напряженно-деформированном состоянии двух пролетных балок на различных этапах силового и температурного нагружения, изучить влияние температурных усилий на напряженно-деформированное состояние нормального сечения балок и на уровень перераспределения изгибающих моментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yan J.B. Behaviours of reinforced concrete beams under low temperatures // *Construction and Building Materials*. 2017. No. 141. pp. 410-425.
2. Xie J., Zhao X., Yan J.B. Experimental and numerical studies on bonded prestressed concrete beams at low temperatures // *Construction and Building Materials*. 2018. No. 188. pp. 101-118.
3. Yan J.B., Wang Z., Wang T. Compressive behaviours of steel-concrete-steel sandwich walls with J-hooks at low temperatures
4. Xie J., Zhao X., Yan J.B. Mechanical properties of high strength steel strand at low temperatures: Tests and analysis // *Construction and Building Materials*. 2018. No. 189. pp. 1076-1092.
5. Yan J.B., Xie W., Zhang L., Lin X.C. Bond behaviour of concrete-filled steel tubes at the Arctic low temperatures // *Construction and Building Materials*. 2019. No. 210. pp. 118-131.

6. Xie J., Zhu G.R., Yan J.B. Mechanical properties of headed studs at low temperatures in Arctic infrastructure // *Journal of Constructional Steel Research*. 2018. No. 149. pp. 130-140.
7. Алмазов В.О. Железобетонные конструкции сооружений для добычи нефти и газа на континентальном шельфе северных морей. М.: дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук: 05.23.01, 1990. 525 pp.
8. Istomin A., Medyankin M. The influence of pliability of supports on statistically undefined reinforced concrete elements at temperatures under -50°C // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. No. 052036. pp. 1-10.
9. Истомин А.Д. Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. No. 7. pp. 51-55.
10. Истомин А.Д. Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре // *Технология текстильной промышленности*. 2017. Vol. 2. No. 368. pp. 141-144.
11. Бойко В.Г. Деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов при отрицательных температурах: автореф. дис. на соиск. канд. техн. наук. Москва. 1987. 24 с.
12. Червонобаба Г.В. Прочность, деформации и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов при воздействии отрицательных температур до -50°C . М.: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, 1984. 165 pp.
13. Корбух А.А. Прочность и деформации статически неопределимых железобетонных балок при совместном воздействии нагрузки и циклического замораживания и оттаивания. М.: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.23.01, 1987. 175 pp.
14. Корбух А.А. Особенности влияния низкотемпературных воздействий на напряженно-деформированное состояние статически неопределимых железобетонных конструкций // *Вестник ИрГТУ*. 2011. № 12 (59). С. 127-130.
15. Булгакова М.Г. Исследование влияния отрицательных температур влажности на перераспределение усилий в двухпролетной железобетонной балке // *Сборник трудов "Повышение эффективности использования материалов при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий"*. Иркутск. 1984. pp. 51-58.
16. Веретенников. Прочность, деформативность и трещиностойкость внецентренно сжатых железобетонных элементов кольцевого сечения при температурах от -50 до -150°C . Москва. 1984. 180 pp. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук.
17. Кажарский В.В. Прочность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям после действия отрицательных температур. Улан-Удэ: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.23.01, 2000. 123 pp.
18. El-Hacha R.M.A. Prestressed CFRP sheets for strengthening concrete beams at room and low temperatures. PhD dissertation. Kingston (Ontario): Queen's University, 2000. 539 pp.
19. Mirzazadeh M.M., Noel M., Green M.F. Effects of low temperature on the static behaviour of reinforced concrete beams with temperature differentials // *Construction and Building Materials*. 2016. No. 112. pp. 191-201.
20. Mirzazadeh M.M., Green M.F. Non-linear finite element analysis of reinforced concrete beams with temperature differentials // *Engineering Structures*. 2017. No. 152. pp. 920-933.
21. Mirzazadeh M.M., Noël M., Green M.F. Experimental data of the static behavior of reinforced concrete beams at room and low temperature // *Data in Brief*. 2016. No. 7. pp. 1358-1363.
22. Baumert M.E. Low temperature behaviour of reinforced concrete beams strengthened with CFRP sheets. MSc thesis. Kingston (Ontario): Queen's University, 1995. 204 pp.
23. DeRosa D. Thermal effects on monitoring and performance of reinforced concrete structures. MASc dissertation. Kingston: Queen's University, 2012. 132 pp.
24. Berner D.E. Behavior of prestressed concrete subjected to low temperatures and cyclic loading. PhD dissertation. Berkeley: University of California, 1984. 226 pp.
25. Qiao Y., Wang H., Liangcai C., Zhang W., Yang B. Influence of low temperature on dynamic behavior of concrete // *Construction and Building Materials*. 2016. No. 115. pp. 214-220.
26. Gong F., Maekawa K. Multi-scale simulation of freeze-thaw damage to RC column and its restoring // *Engineering Structures*. 2018. No. 156. pp. 522-536.
27. Miura T. The properties of concrete at very low temperature // *Materials and Structures*. 1989. No. 22. pp. 243-254.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛАСТИЧНЫХ БАЛКАХ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

В.Н. Орлов¹, М.В. Гасанов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹OrlovVN@mgsu.ru

²vonasag6991@mail.ru

Аннотация

Важной задачей для строительных конструкций является обеспечение ее целостности, которая должна быть гарантирована на основании проведенных исследований в области надежности строительных конструкций. К этому можно отнести и исследование волновых процессов в строительных конструкциях с помощью математического моделирования и выявление параметров модели, гарантирующих надежность таких конструкций. В работе продолжено исследование волновых процессов в эластичных балках на основе нелинейных дифференциальных уравнений, опубликованных ранее авторами работ, в которых была доказана теорема существования и единственности решения. При этом, особенность нелинейного дифференциального уравнения, подвижная особая точка, связывалась с местоположением разрушения конструкции. В данной работе представлено теоретическое обоснование влияния возмущения подвижной особой точки на структуру аналитического приближенного решения, получены априорные оценки.

ВВЕДЕНИЕ

В одной из публикаций [1] была предложена идея, использовать в исследовании волновых процессов в эластичных балках нелинейные дифференциальные уравнения третьего порядка. При этом предполагалось применение ряда известных методов решения. При этом не был учтен важный момент, что перечисленные методы применимы только к линейным уравнениям, что является их существенным недостатком. Так как помимо линейных уравнений существуют и нелинейные дифференциальные уравнения, обладающие существенными особенностями, подвижными особыми точками. В работах [2-3] представлено теоретическое обоснование особенностей нелинейных дифференциальных уравнений. Доказана теорема существования и единственности решения рассматриваемого класса нелинейных дифференциальных уравнения в окрестности подвижных особых точек. Данная теорема так же констатирует сам факт существования подвижных особых точек. Из доказанной теоремы следует структура аналитического приближенного решения в окрестности подвижной особой точки. Но так как существующая теория позволяет получать подвижную особую точку только приближенно, то возникает задача исследования влияния возмущения подвижной особой точки на структуру аналитического приближенного решения, что и проделано в данной работе. Рассматриваемая математическая модель была исследована на основе методов, предложенных в работах [1-10] и имеющих приложение в строительных конструкциях, а также на основе работ [11-14], в которых предложено развитие теории нелинейных дифференциальных уравнений с подвижными особенностями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом доказанных теорем в работе [2], для точного значения подвижной особой точки задачи Коши (1)-(2)

$$y''' = y^7 + r(x), \quad (1)$$

$$\begin{cases} y(x_0) = y_0, \\ y'(x_0) = y_1, \\ y''(x_0) = y_2, \end{cases} \quad (2)$$

имеем структуру аналитического приближенного решения:

$$y_N = (x^* - x)^{-1/2} \sum_0^N C_n (x^* - x)^{\frac{n}{2}}, \quad C_0 \neq 0. \quad (3)$$

Так как существующая теория позволяет получать подвижные точки только приближенно, то структура аналитического приближенного решения (3) принимает вид:

$$\tilde{y}_N = (\tilde{x}^* - x)^{-1/2} \sum_0^N \tilde{C}_n (\tilde{x}^* - x)^{\frac{n}{2}}, \quad C_0 \neq 0. \quad (4)$$

Представленная ниже теорема является обоснованием этого положения и позволяет получить априорные оценки погрешности аналитического приближенного решения (4).

Теорема 1. Пусть выполняются следующие условия:

- 1) $r(x) \in C^\infty$ в области $|\tilde{x}^* - x| < \rho_1$, где $0 < \rho_1 = const$;
- 2) $\exists M_1 : \frac{|r^{(n)}(\tilde{x}^*)|}{n!} \leq M_1, M_1 = const$;
- 3) $\tilde{x}^* \leq x^*$;
- 4) Известна оценка погрешности для значения $\tilde{x}^* : |\tilde{x}^* - x^*| \leq \Delta\tilde{x}^*$;
- 5) $\Delta\tilde{x}^* < \frac{1}{4(M+1)^4}$.

Тогда для приближенного решения (4) задачи (1)-(2) для любой из областей

$$\tilde{x}^* - \rho_2 < x < \tilde{x}^* - \Delta\tilde{x}^*, \quad (5)$$

$$\tilde{x}^* - \Delta\tilde{x}^* < x < \tilde{x}^* \quad (6)$$

справедлива оценка погрешности

$$\Delta\tilde{y}_N = \Delta_0 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3,$$

где

$$\begin{aligned} \Delta_0 &\leq \frac{\sqrt[6]{15} \Delta \tilde{x}^*}{2\sqrt[6]{8} \alpha^{3/2}}, \\ \Delta_1 &\leq \frac{16M(M+1)^6 \Delta \tilde{x}^* \alpha^{1/2}}{1-2^6(M+1)^{12} \alpha^3} (1+2^2(M+1)^6 \alpha + 2^4(M+1)^6 \alpha^2) + \\ &+ \frac{8M(M+1)^{12} \Delta \tilde{x}^* \alpha^2}{1-2^3(M+1)^{12} \alpha^3} (1+2(M+1)^6 \alpha + 2^2(M+1)^6 \alpha^2), \\ \Delta_2 &\leq \frac{2^{9/2}(\Delta M+1)(M+\Delta M+1)^6 \alpha^{3/2}}{1-2^3(M+1)^{12} \alpha^3} (1+2(M+\Delta M+1)^6 \alpha + 2^2(M+\Delta M+1)^6 \alpha^2) \times \\ &\times (1+2^{3/2}(M+\Delta M+1)^6 \alpha^{3/2}), \\ \Delta_3 &\leq \frac{8M(M+1)^{2(N+1)}}{1-(M+1)^6 \alpha^{\frac{3}{2}}} \alpha^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{\alpha}{(N+2)N(N-2)} \right) \end{aligned}$$

в случае $N+1=3k$,

$$\Delta_3 \leq \frac{8M(M+1)^{2N}}{1-(M+1)^6 \alpha^{\frac{3}{2}}} \alpha^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{\alpha}{(N+2)N(N-2)} \right)$$

для варианта $N+1=3k+1$, и варианта $N+1=3k+2$:

$$\Delta_3 \leq \frac{8M(M+1)^{2(N-1)}}{1-(M+1)^6 \alpha^{\frac{3}{2}}} \alpha^{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{N(N-2)(N-4)} + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}}{(N+1)(N-1)(N-3)} + \frac{\alpha}{(N+2)N(N-2)} \right),$$

при этом

$$\alpha = \begin{cases} |\tilde{x}^* - x|, \text{ для } x \text{ из области (5),} \\ \Delta \tilde{x}^*, \text{ для } x \text{ из области (6),} \end{cases} \quad \rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{4(M+1)^4} \right\},$$

$$M = \max \left\{ \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(\tilde{x}^*)|}{n!} \right\}, |y_0|, |y_1|, |y_2| \right\}, \quad \Delta M = \left(\sup_n \left\{ \frac{|r^{(n+1)}(\tilde{x}^*)|}{n!} \right\} \right) \Delta \tilde{x}^*, n = 0, 1, 2, \dots$$

ВЫВОДЫ

В работе продолжено исследование волновых процессов в эластичных балках с помощью математической модели основанные на нелинейных дифференциальных уравнениях. Представлено теоретическое обоснование влияния возмущения подвижной особой точки на структуру аналитическое приближенное решения. Проведенные исследования являются очередным этапом. В дальнейшем предполагается развитие исследования, включающее в себя решение ряда математических задач аналитического приближенного метода для данной

категории нелинейных дифференциальных уравнений, применяемых к исследованию волновых процессов в эластичных балках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feng Yuqiang // Existence and uniqueness results for a third-order implicit differential equation, *Computers and Mathematics with Applications* 56 (2008) 2507–2514.
2. Орлов В.Н., Гасанов М.В. // Теорема существования решения одного класса нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка с полиномиальной правой частью седьмой степени в окрестности подвижной особой точки. // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева Серия: Механика предельного состояния. 2020. № 1 (43). С. 92–99 DOI: 10.37972/chg.pu.2020.43.1.011 18.
3. Гасанов М.В. // Тестирование одного класса нелинейного дифференциального уравнений в окрестности подвижной особой точки // Сборник научных трудов по материалам XXVII международной научной конференции. Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук 2020г. doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-06 idsp: sciencepublic-12-05- 2020-06.
4. Orlov V.N., Kovalchuk O.A. // Research of one class of nonlinear differential equations of third order for mathematical modelling the complex structures IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 365, 2018. doi:10.1088/1757-899X/365/4/042045.
5. Orlov V.N., Zheglova Y.G. // Mathematical modeling of building structures and nonlinear differential equations // *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*. Vol. 11, No. 3 (2020) 2050026 (7 pages) World Scientific Publishing Company. doi: 10.1142/S1793962320500269.
6. Orlov V.N., Kovalchuk O.A., Linnik E.P., Linnik I.I. // Research into a Class of Third-Order Nonlinear Differential Equations in the Domain of Analyticity // *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2018, no. 4, pp. 24–35 (in Russ.).
7. Orlov V.N., Kovalchuk O.A. // Mathematical modeling of complex structures and nonlinear differential equations with movable points // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 456 (2018) 012122 IOP Publishing.
8. Orlov V.N., Kovalchuk O.A. // Mathematical problems of reliability assurance the building constructions // *E3S Web Conf.* Volume 97, 03031, 2019. XXII International Scientific Conference — Construction the Formation of Living Environment I (FORM-2019).
9. Orlov V.N., Kovalchuk O.A. // An analytical solution with a given accuracy for a nonlinear mathematical model of a console-type construction // *18 Modelling and Methods of Structural Analysis IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1425 (2020) 012127 IOP Publishing.
10. Orlov V.N., Chichurin A. // On the theory of constructing a numerical-analytical solution of a cantilever beam bend nonlinear differential equation of the first order // *Modelling and Methods of Structural Analysis IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1425 (2020) 012129 IOP Publishing.
11. Орлов В.Н. // Метод приближенного решения первого, второго дифференциальных уравнений Пенлеве и Абеля. М.: МПГУ, 2013. 174 с.
12. Орлов В.Н. // Исследование приближенного решения дифференциального уравнения Абеля в окрестности подвижной особой точки // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2009. № 4 (35). С. 23–32.
13. Орлов В.Н., Леонтьева Т.Ю. // О расширении области для аналитического приближенного решения одного класса нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка в комплексной области // Вестник Самарского Гос. техн. университета. Сер. Физ.-мат. науки, 2020. Т 2. doi:10.14498/vsgtu1727.
14. Ив Б.Б. // Теорема существования решения одного класса нелинейных дифференциальных уравнений четвертого порядка с полиномиальной правой частью второй степени в окрестности подвижной особой точки Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23, №4. С. 980-986.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ОРТОГОНАЛЬНОЙ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ЛОПАСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В.И. Прокопьев, А.Ю. Проскурин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, proskurinayu@mgsu.ru

Аннотация

Задача создания энергонезависимых зданий в современном мире является весьма важной для всего мира. Ресурсы земли неумолимо иссякают и человечеству необходимо сделать большой упор в разработку новых альтернативных источников энергии. В целях решения данной проблемы оптимально подходят энергия солнца и ветра. Поставленную задачу было принято решение разбить на несколько пунктов некоторые из которых будут рассмотрены в данной статье.

В качестве первой решалась задача численного моделирования аэродинамики ортогональной сбалансированной лопасти ветрогенератора высокой эффективности в трехмерной постановке и осредненный подсчет энергоэффективности данной установки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения задачи оценки аэродинамических характеристик была принята однолопастная ортогональная турбина высокой эффективности. (патент США Victor Lyatkher, US 8007235 B1, 30 августа, 2011, патент РФ 2426911 С1). Поскольку профиль исследуемой лопасти соответствует по сечению с авиационным профилем НАСА-0021 было принято решение принять геометрические характеристики по справочным материалам.[3] Целью работы является апробация методики численного моделирования вращающейся лопасти под воздействием аэродинамической нагрузки при нестационарном обтекании турбулентным потоком в двумерной постановке. Проблемой данной установки является возникновение вибраций при вращении лопасти в местах крепления к постаменту. На данный момент исследование состоит в определении аэродинамических характеристик и осредненная оценка энергоэффективности установки. В качестве метода исследования применялось компьютерное моделирование обтекания лопасти ветрогенератора воздушным потоком в программном комплексе ANSYS[8].

Таблица 1. Характеристики расчетной сетки.

Гидравлический диаметр	Число Рейнольдса	Расчетный $Y+$	Расчетное расстояние от стенки	Сгущение сетки в продольном направлении
0.38	5.0e+4	80	1.0e-2	1.0e-2

Граничные и начальные условия. Параметры расчетов.

Поскольку геометрия в начале действия потока представлена в виде полукруга, поток на «входе» был задан с учетом угла кривизны и нормальной скорости 2 м / с с процентом турбулентности, равным до 7%. На «выходе» (Outlet) потоку назначаются «мягкие» граничные условия Opening с относительным давлением равным нулю и такими же параметрами турбулентности как и на «входе». На нижней и верхней границе области были установлены условия для «скользящих стенок» (FreeSlipWall, $U = V = W = 0$ м/с). Установить условие RigidBody с возможностью вращения вокруг оси Z и установить угловую скорость вращения. Цилиндрический домен создавался как поддомен с регулировкой пересчета сетки

конечных элементов в связи с вращением лопасти. Субдомен, доменные интерфейсы и лопатка должны иметь общие воздушные характеристики.

Это необходимо, потому что внутренний цилиндр и твердое тело должны перемещаться и вращаться с одинаковой скоростью, чтобы должным образом изолировать движение. Все относительные перемещения между внутренним цилиндром и лопастью будут исключены, что приведет к деформации нулевой сетки внутри внутреннего цилиндра.

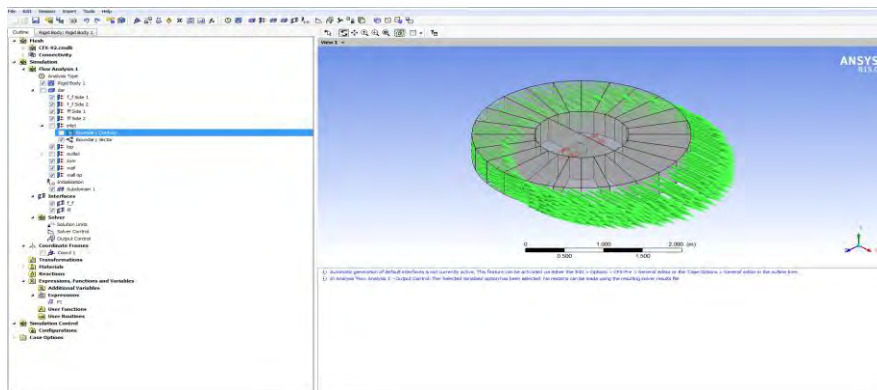


Рис. 1. Расчет в программном комплексе CFX (граничные условия)

Субдомен не является строго необходимым для развязки вращательных движений. Однако субдомен увеличивает надежность моделирования, гарантируя, что вся сетка внутри внутреннего цилиндра имеет те же физические свойства, что и жесткое тело, а не только на границе лопасти и внутреннем интерфейсе цилиндра [8].

Интерфейс одного домена были изменены таким образом, чтобы ограничить вращательное движение сетки, окружающей поддомен. Сетка расположенная на внутреннем цилиндрическом интерфейсе домена будет иметь те же физические свойства что и в твердом виде. Чтобы задать лопасть как твердое тело использовался вес всей лопасти, который составил 250 кг. Так как вращение не может начаться без сторонней помощи была инициализирована начальная угловая скорость, никаких иных сторонних ускорений инициализировано не было.

Интерфейс второго домена был настроен таким образом чтобы поток воздуха беспрепятственно и без потери свойств переходил из одной расчетной области в другую. Обе области и большего радиуса и меньшего являются стационарными и не требуют особых настроек для конечнообъемной сетки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчеты проводились в трехмерной нестационарной постановке. Заданы следующие основные физические характеристики потока для аэродинамических расчетов $Re=50000$.

Ниже приведены основные результаты выполненных расчетных исследований при вращении лопатки ветрогенератора в разные моменты времени, произведен анализ аэродинамических характеристик.

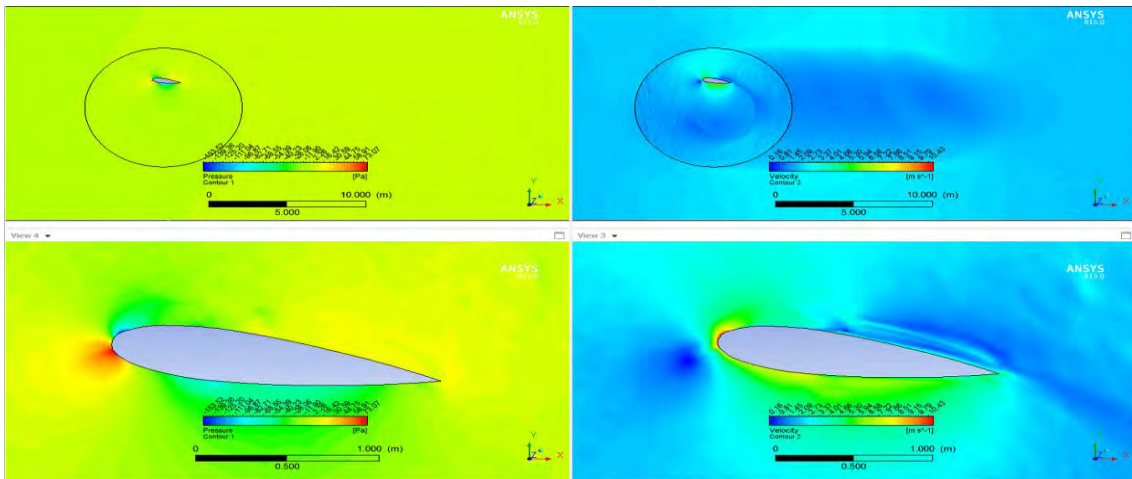


Рис. 2. Поля скоростей и давлений при нулевом положении лопасти (после полного набегания потока воздуха)

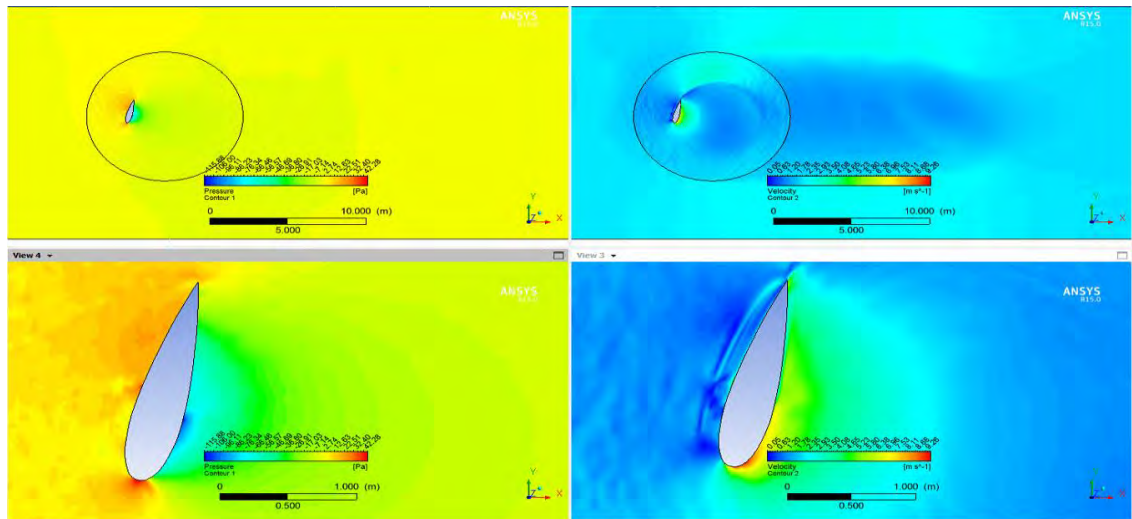


Рис. 3. Поля скоростей и давлений про частичном повороте лопасти (после полного набегания потока воздуха, в момент времени $t=0,75$ сек)

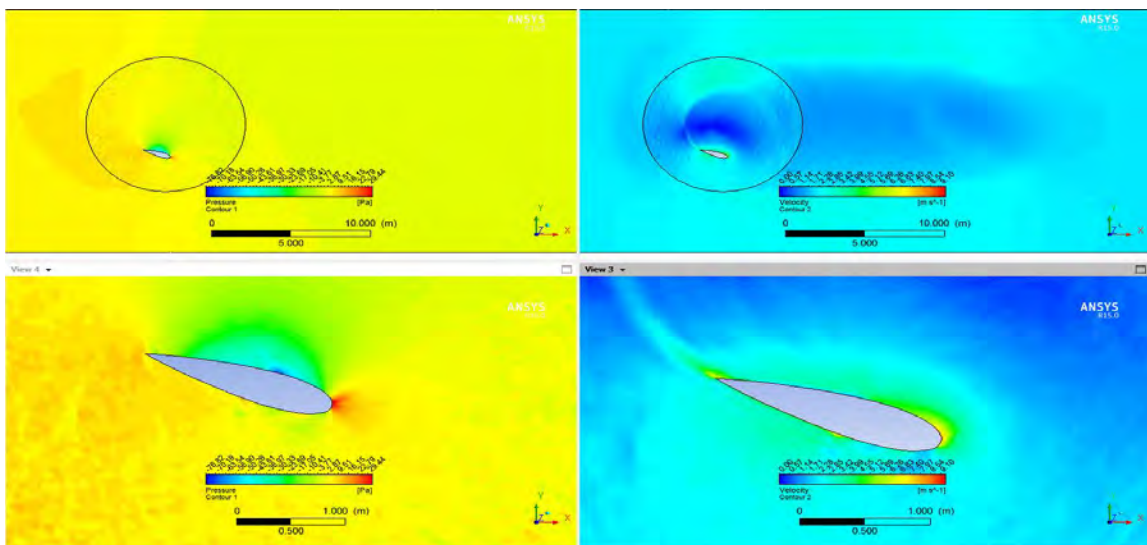


Рис. 4. Поля скоростей и давлений при нулевом положении лопасти

(после полного набегания потока воздуха, в момент времени $t=1$ сек)

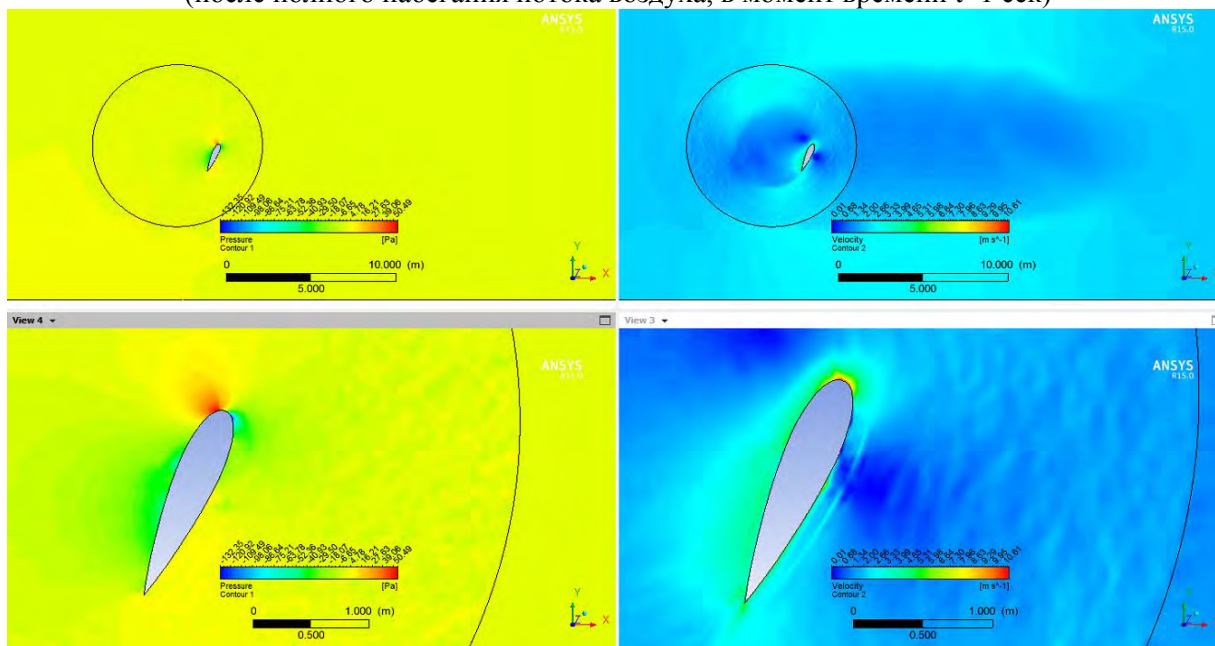


Рис. 5. Поля скоростей и давлений при нулевом положении лопасти (после полного набегания потока воздуха, в момент времени $t=1,25$ сек)

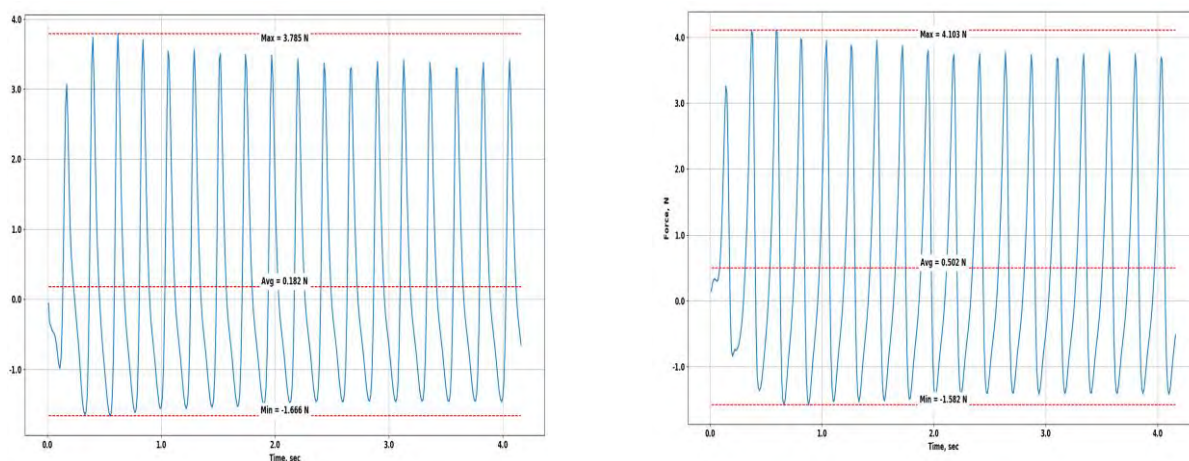


Рис. 6. Графики исследуемых аэродинамических характеристик при вращении лопасти

- а) Подъемная сила во времени
- б) Сила лобового сопротивления во времени

Графики исследуемых сил показывают не стационарность моделируемого процесса, каждая волна соответствует 1 вращению лопасти.

Расчет энергоэффективности

К сожалению начальных данных недостаточно для полного анализа данных о энергоэффективности, однако известные габариты позволяют определить количество вырабатываемой энергии исходя из площади ометания.

Исходя из размеров площади ометания можно сделать вывод что при различных скоростях уровень производимой энергии составит следующие показатели.

Таблица 2. Сводная таблица вырабатываемой энергии

Скорость потока	Плотность воздуха	Количество вырабатываемой энергии, Квт.
2	1,185	0.09
5	1,185	1.475
10	1,185	11.8
15	1,185	39.8
20	1,185	94.4
25	1,185	184.3

ВЫВОДЫ

Анализ частот см. рис.6 показывает совпадение с частотой вращения лопасти при этом скорость вращения остается постоянной, время 1 оборота лопасти составляет 1,7 секунды. Что может говорить о том, что ветрогенератор вращается в штатном режиме. Исследование показывает состоятельность метода для расчета лопатки с учетом разбега лопатки от воздействия воздушного потока.

Как видно из таблицы 2, при скорости потока в 25 м/с лопатка практически полностью позволяет обеспечить энергией небольшой дом. Что позволяет сделать вывод о том, что большое количество подобных генераторов сможет заменить нынешние «вредные» электростанции на более экологически чистые.

Решение текущих задач показало состоятельность проекта и его актуальность, в дальнейшем необходимо провести численное решение связанной задачи которая будет состоять из расчета несущей способности здания с учетом аэродинамической составляющей и параллельным расчетом ветровой установки на энергоэффективность и аэродинамические характеристики и передачу вибраций от вращения ветрогенератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений. Учебное пособие. //СПб., 2012.
2. А. Е. Луцкий, А. В. Северин, “Простейшая реализация метода пристеночных функций”, Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, 2013, 038, 22 с.
3. Справочник Авиационных Профилей.
4. Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering 60(2014)12 Received for review: 2014-02-03 © 2014.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя 36 с.
6. Берг О.И. Принципы построения и элементы систем управления автономных комплексов электроснабжения на возобновляемых источниках энергии 2015 88 с.
7. Горлин С.М. Экспериментальная аэродинамика. // М.: «Высшая школа», 1970. – 423 с.
8. ANSYS, Inc., “ANSYS 15 Help”, 2014.
9. MInternational Journal for Computational Civil and Structural Engineering
10. Tominaga, Y., Mochida, A. et al. AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 96, Issues 10-11, October-November 2008, p. 1749-1761.

ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

В.И. Римшин², Е.С. Кецко¹, П.С. Трунтов², И.С. Кузина², Г.С. Быков¹

¹Научно-исследовательский институт строительной физики, 127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21,

kuzzina@mail.ru, admin.nex@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

v.rimshin@niisf.ru, pavel_truntov@mail.ru, ms.kuzina01@mail.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрены и выполнены поверочные расчёты строительных конструкций с учётом их фактического состояния в раках работ по комплексному инженерно-техническому обследованию строительных конструкций, инженерного оборудования, элементов инженерно-технического обеспечения одно-трёх этажного административного здания, построенного по индивидуальному проекту. Осуществлён расчёт фактической несущей способности, прочности железобетонных фундаментов мелкого заложения и грунтов основания, кирпичных стен, простенков, монолитных железобетонных колонн, сборных железобетонных многопустотных плит перекрытий и сборных железобетонных стропильных ферм покрытия марки ФПЭС 24-3 с помощью программно - вычислительного комплекса «SCAD» в соответствии с положениями с актуальными строительными нормами и правилами. В основу расчета был положен метод конечных элементов в перемещениях. Определено фактическое давление грунта под подошвой фундамента. По результатам расчётов определены конструкции здания, требующие усиления, предложены технические рекомендации по их усилению для их и здания в целом дальнейшей нормальной эксплуатации.

Ключевые слова: ударно-импульсный метод, расчёт несущей способности, поверочные расчёты строительных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Поверочные расчёты строительных конструкций являются обязательной частью работ в процессе комплексного обследования технического состояния зданий и сооружений. Их целью являются определение несущей способности конструкций и выявление элементов, исчерпавших свои эксплуатационные характеристики. Кроме того, поверочные расчёты служат основанием для установления возможности или отсутствия возможности выполнения работ по переустройству или реконструкции зданий и сооружений, при изменении функционального назначения здания или сооружения, замене или установке оборудования, которые ведут к увеличению нагрузок на исследуемые конструкции [1-2]. Поверочные расчёты выполняются на основании полученных результатов в ходе проведения работ по техническому обследованию, таких как расчётная схема здания или сооружения, а также их элементов, расчётные нагрузки на конструкции, материалы конструкций, дефекты и повреждения, условия эксплуатации, состояние конструкций, или в соответствии с имеющимися проектными данными или исполнительной документацией в соответствии с действующими нормами и правилами. По результатам поверочных расчётов определяют категорию технического состояния зданий и сооружений в целом, а также отдельных конструктивных элементов, выявляют необходимость и целесообразность проведения работ по усилению, позволяют выполнить прогноз для дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Определение прочности материалов конструкций здания проводилось в соответствии с положениями СП 13-102-2003. Прочность материалов конструкций здания определялась неразрушающим ударно-импульсным методом при помощи прибора «BETON PRO CONDTRON». Расчёт плит перекрытия выполнен по нормальным сечениям и наклонным сечениям на действие поперечных сил. Расчёт несущей способности кирпичных стен выполнен для наиболее нагруженных участков. Осуществлён расчёт фактической несущей способности, прочности железобетонных фундаментов мелкого заложения и грунтов основания. Расчёт ферм выполнен на ПЭВМ с помощью программного комплекса «SCAD». В основу расчёта положен метод конечных элементов в перемещениях.

Значения средней прочности бетона фундаментных подушек по результатам испытаний составляют 25,83 – 26,25 МПа. Условный класс бетона 20,7 – 21,0 МПа, что соответствует классу бетона В20. Значения средней прочности бетона фундаментных бетонных блоков по результатам испытаний составляют 21,96 – 22,59 МПа. Условный класс бетона 17,6 – 18,1 МПа, что соответствует классу бетона В15. Значения средней прочности цементно-песчаного раствора составляют соответственно 12,2 кг/см², что соответствует марке М10.

Значения средней прочности бетона монолитных железобетонных колонн в подвале и на 1-ом этаже по результатам испытаний составляют 21,38 – 25,66 МПа. Условный класс бетона 17,1 – 20,5 МПа, что соответствует классу бетона В15 – В20.

Значения средней прочности бетона сборных железобетонных плит междуэтажных перекрытий по результатам испытаний составляют 20,23 – 25,83 МПа. Условный класс бетона 16,2 – 20,7 МПа, что соответствует классу бетона В15 – В20.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расчёт несущей способности железобетонной многопустотной плиты междуэтажного перекрытия

Сборные железобетонные многопустотные плиты перекрытия (марка типа НУ) заводского изготовления шириной 1200, 800 мм. Размеры плиты междуэтажного перекрытия (в осях 3 – 4) длина – 5500 мм, ширина – 1190 мм, высота – 220 мм. Расчётная длина плиты – 5420 мм. Приведенная ширина ребра плиты – 206 мм. Расчётная схема плиты – балочная с равномерно распределённой нагрузкой. Максимальная нагрузка на перекрытие составляет - $q_p = 8,854 \cdot 1,19 = 10,54$ кН/п.м (1054 кгс/п.м). Расчётная толщина полки – 30 мм. Толщина защитного слоя - 20 мм. Бетон плит покрытия класса В15. Плиты армируются: продольная (растянутая) арматура диаметром 16 мм, класса А400– 4 шт; хомуты из арматуры диаметром 5 мм класса В-I, с шагом 200 мм; сетки и каркасы из арматуры диаметром 4 – 6 мм класса В-I. Расчёт плиты проводим для приведенного двутаврового сечения. Максимальная величина изгибающего момента составляет:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{10,54 \cdot 5,42^2}{8} = 38,7034 \text{ кН*м (387034 кгс*см)} \quad (1)$$

Максимальная величина поперечной силы составляет:

$$Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10,54 \cdot 5,42}{2} = 28,56 \text{ кН (2856 кгс)} \quad (2)$$

Расчёт по прочности нормальных сечений изгибаемых элементов производят из условия:

$$M \leq M_{ult} \quad (3)$$

M_{ult} - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента. Определяя расчётный случай, найдём отношение условной толщины полки (30 мм) к высоте сечения (220 мм).

$3,0 : 22,0 = 0,136 > 0,1$ – в расчёт вводим всю ширину полки $b = 1160 - 159 \cdot 6 = 206$ мм

Высота сжатой зоны:

$$x = \frac{R_s * A_s}{R_b * b} \quad (4)$$

где b - ширина полки принимается равной – 116 см;

$$x = \frac{3550 * 8,04}{76,5 * 116} = 3,2$$

Значение предельного изгибающего момента

$$M_{ult} = R_b * b * x * (h_0 - 0,5 * x) \quad (5)$$

Или

$$M_{ult} = R_b * A_s * (h_0 - 0,5 * x) \quad (6)$$

$$M_{ult} = 3550 * 8,04 * (19,2 - 0,5 * 3,2) = 502339,2 \text{ кгс*см (50,23 кН*м)}$$

Сравним полученные значения

$$M_{ult} = 38,70 \text{ кН*м} \leq M_{ult} = 50,23 \text{ кН*м}$$

Прочность по нормальным сечениям обеспечена.

Расчёт по наклонным сечениям на действие поперечных сил производят из условия:

Производят из условия:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} \quad (7)$$

Q - поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции s на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения;

Q_b - поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

Q_{sw} - поперечная сила, воспринимаемая арматурой в наклонном сечении.

Поперечная сила определяется по формуле:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} * R_{b2} * b * h_0^2}{c} \quad (8)$$

φ_{b2} - коэффициент, принимаемый равным - 1,5;

c - опасная длина проекции наклонного сечения – не более = 38,4 см

$$Q_b = \frac{1,5 * 7,5 * 0,9 * 20,6 * 19,2^2}{38,4} = 2002,3 \text{ кгс}$$

Усилие для поперечной арматуры определяется по формуле:

$$Q_{sw} = \varphi_{sw} * q_{sw} * c \quad (9)$$

φ_{sw} - коэффициент, принимаемый равным – 0,75;

q_{sw} - усилие в поперечной арматуре на единицу длины элемента,

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} * A_{sw}}{S_w} = \frac{2200 * 0,79}{20} = 86,9 \quad (10)$$

$$Q_{sw} = 0,75 * 86,9 * 38,4 = 2502,7 \text{ кгс}$$

Сравним полученные значения

$$Q = 2856 \text{ кгс} \leq Q_b + Q_{sw} = 2002,3 + 2502,7 = 4505 \text{ кгс} \quad (11)$$

Прочность по наклонным сечениям обеспечена.

Расчёт несущей способности кирпичных стен.

Несущая способность кирпичных стен проверяется для наиболее нагруженных, а именно: стены по оси Б м/о 1 – 3. При расчёте несущей способности вводится коэффициент снижения

несущей способности кладки стен $K_{тс} = 0,9$. Толщина несущей кирпичной стены составляет 640 мм.

$$N = q_{покр.(ребр.плит)} * A_{грузовая} + G_{ф} + G_{ст} = 9,777 * 24 / 2 + 12,03 + 164,74 = 294,09 \text{ кН*м} \\ (129354 \text{ кгс*см}) \quad (12)$$

Изгибающий момент составит $M=12,9354 \text{ кН*м}$ (129354 кгс*см). Эксцентриситет расчётной силы относительно центра тяжести сечения:

$$e_0 = M / N = 12,9354 / 294,09 = 0,044 \text{ м} \quad (13)$$

Несущая способность внецентренно-сжатой каменной кладки стен.

$$N_u = m_g * \varphi_1 * R * A_c * \omega \quad (14)$$

A_c – площадь сжатой части сечения

$$A_c = A * (1 - \frac{2 * e_0}{h}) \quad (15)$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} \quad (16)$$

φ - коэффициент продольного изгиба для всего сечения в плоскости действия изгибающего момента, определяемый по расчётной высоте элемента;

φ_c - коэффициент продольного изгиба для сжатой части сечения, определяемый по фактической высоте элемента в плоскости действия изгибающего момента.

$$A_c = 64 * 100 * (1 - \frac{2 * 4,4}{64}) = 5520,0 \text{ см}^2$$

$$\varphi_1 = \frac{0,63 + 0,52}{2} = 0,575$$

$$\omega = 1 + \frac{4,4}{64} = 1,07 \leq 1,45$$

$$m_g = 1,0$$

$$\text{При } \lambda = \frac{l_0}{h} = \frac{11,5}{0,64} = 18$$

$$\varphi = 0,63$$

$$\text{При } \lambda = \frac{l_0}{h_c} = \frac{11,5}{0,64 - 2 * 0,44} = 21$$

$$\varphi_c = 0,52$$

Имея марку кирпича М 100 и марку раствора М 10 – расчетное сопротивление R сжатию каменной кладки составит 1,15 МПа (11,5 кгс/см²). Несущая способность каменной кладки (1 п.м.) несущей стены:

$$N_u = 1,0 * 0,575 * 11,5 * 5520,0 * 1,07 \text{ кгс} \approx (390,56 \text{ кН})$$

С учётом коэффициента снижения несущей способности кладки стен $K_{тс} = 0,9$.

$$N_u = 0,9 * 390,56,07 = 351,50 \text{ кгс} \approx (351,5 \text{ кН})$$

Сравниваем полученные результаты

$$N_u = 351,5 \text{ кН} > N = 264,09 \text{ кН} \text{ (условие выполняется)}$$

Несущая способность стены по оси Б - обеспечена.

Расчёт несущей способности ленточного фундамента.

Ленточный фундамент по оси 3 м/о Б – Ж. Действующая фактическая нагрузка на 1 п.м. фундамента:

$$N = q_{\text{покр. (ребр. плит)}} * A_{\text{грузовая}} + q_{\text{покр. (пустотн. плит)}} * A_{\text{грузовая}} + q_{\text{перекрытия 2 этажа}} * A_{\text{грузовая}} + q_{\text{перекрытия 1 этажа}} * A_{\text{грузовая}} + q_{\text{перекрытия 2 этажа}} * A_{\text{грузовая}} + q_{\text{перекрытия 1 этажа}} * A_{\text{грузовая}} + G_{\text{ст 3 эт}} + G_{\text{ст 2,1}} + G_{\text{фундамента}} =$$

$$9,777 * 6,0 / 2 + 10,664 * 5,7 / 2 + 8,854 * 5,7 / 2 + 8,654 * 5,7 / 2 + 30,39 + 70,68 + 56,76 = 29,331 + 30,39 + 25,23 + 24,66 + 25,23 + 24,66 + 30,39 + 70,68 + 56,76 = 292,46 \text{ кН}$$

Несущая способность каменной кладки фундаментов:

$$N_u = \varphi * R * A \quad (17)$$

Где:

R – расчетное сопротивление сжатию кладки;

φ - коэффициент продольного изгиба, определяемый в зависимости от гибкости элемента $\lambda = \frac{l_0}{h}$ и упругой характеристики α ;

A – площадь сечения элемента.

Класс бетона фундаментных блоков В 15 (М 200). Цементно-песчаный раствор имеет марку не ниже М 10. Расчетное сопротивление R сжатию кладки из крупных сплошных блоков составляет не менее 4,0 МПа (40 кгс/см²). При $\alpha = 1000$ и $\lambda = \frac{l_0}{h} = 6$ находим $\varphi = 0,96$.

Таким образом, каменная кладка (1п.м.) фундамента способна воспринять нагрузку, равную $N_u = 0,96 * 40 * 50 * 100 = 192000 \text{ кгс}$. Сравниваем полученные результаты:

$$N_u = 1920 \text{ кН} > N = 317,85 \text{ кН}$$

Несущая способность фундаментов по оси 3 - обеспечена.

Расчёт несущей способности грунта основания.

Несущая способность грунтового основания проверяется для ленточного фундамента стены по оси 3 м/о Б – Ж.

$$N = q_{\text{покрытия}} * A_{\text{грузовая}} + G_{\text{стены}} + G_{\text{фундамента}} = 9,777 * 24 / 7 + 176,77 + 23,76 = 317,85 \text{ кН} \quad (18)$$

Несущая способность грунтового основания проверяется по формуле:

$$p \leq R, \quad (19)$$

где p - среднее давление под подошвой фундамента,

R - расчётное сопротивление грунта.

R = 324,7 кПа (3,2 кгс/см²). Среднее давление под подошвой фундамента составляет:

$$p = \frac{N_{\text{сер}} + N_f}{A_f} = \frac{N_{\text{сер}} + \gamma_m d_1 A_f}{A_f} = \frac{N_{\text{сер}}}{A_f} + \gamma_m d_1 \leq R, \quad (20)$$

$N_{\text{сер}}$ – (сервисная нагрузка) нормативная нагрузка на 1 пог.м. фундамента в уровне его обреза (или определяется приближённо через расчётную нагрузку, делённую на 1,2 – средний коэффициент надёжности по нагрузкам);

N_f – нагрузка от собственного веса фундамента и веса грунта, находящегося на его уступах (на 1 пог. м фундамента);

A_f – площадь подошвы фундамента;

γ_f - средний удельный вес бетона и грунта;

d_1 - расстояние от поверхности земли до подошвы фундамента.

$$p = \frac{N_{\text{сер}} + N_f}{A_f} = \frac{\frac{324,7}{1,2} + 20,0 * 2,5 * 1,2 * 1,0}{1,2 * 1,0} = \frac{270,58 + 60}{1,2} = 275,48 \leq R = 324,7 \text{ кПа} \quad (21)$$

Расчет железобетонных ферм.

Расчётная узловая нагрузка от веса слоёв кровли на верхние узлы ферм собирается с грузовой площади, равной площади одной плиты покрытия:

$$4100 \times 1,5 \times 6,0 \times 1,2 \times 1,0 = 36900 \text{ Н (3690 кгс)}.$$

Нагрузка от собственного веса ж/б ферм.

Согласно альбома серии Е-772П вес фермы составляет 12000 кгс (120000 Н) [9]. Для расчёта фермы принимаем распределение веса фермы поровну между всеми узлами фермы. Расчётная узловая нагрузка составляет:

$$120000 : 15 \times 1,1 \times 1,0 = 8800 \text{ Н}$$

Нагрузка от собственного веса плит покрытия.

Согласно проекта плиты покрытия железобетонные, ребристые. Вес одной плиты – 1,51 тс. Расчётная узловая нагрузка (от одной плиты) составляет:

$$1510 \times 1,1 = 1661,0 \text{ кгс (16610 Н)}$$

Нагрузка от веса воздухопроводов, ходовых мостиков и конструкций подвесного потолка.

Нагрузка от двух воздухопроводов диаметром 80 см, подвешенных тросами к плитам покрытия, передается на четыре верхних узла ферм. Воздуховоды выполнены из листового металла толщиной 40 мм и обшиты теплоизоляцией из минваты толщиной 40 мм.

Расчётная нагрузка от воздухопроводов на верхние узлы ферм составляет:

$$(2 \times 3,14 \times 0,4 \times 0,001 \times 7850 \times 1,05 + 2 \times 3,14 \times 0,4 \times 0,04 \times 150 \times 1,3) \times 6 : 2 = 120,9 \text{ кгс (1209 Н)}$$

Нагрузка на нижние узлы ферм от ходовых мостиков, изготовленных из 2 швеллеров № 10, настила из досок толщиной 30 мм и ограждений из уголков 50х50х5, составляет: 98,76 кгс (988 Н). Балки подвесного потолка (в количестве 7 шт., длиной по 30 м) выполнены из 2-х швеллеров № 20. Расчётная нагрузка от веса балки на узел фермы составляет:

$$36,8 \times 6 \times 1,05 \times 1,0 = 231,8 \text{ кгс (2318 Н)}$$

Конструкция подвесного потолка – перфорированная плитка толщиной 8 мм с удельным весом 800 кгс/м³ по деревянному каркасу, поверх которой уложена стеклоткань и звукопоглощающий материал из минваты ($\gamma = 150$ кгс/м³) толщиной 50 мм. Расчётная нагрузка от веса подвесного потолка на нижние узлы ферм составляет:

$$3 \times 6 \times (150 \times 0,05 + 800 \times 0,008) \times 1,3 = 390 \text{ кгс (3900 Н)}$$

Снеговая нагрузка. Расчётное значение снеговой нагрузки составляет 213 кгс/м² (2130 Н/м²). Нагрузка на верхние узлы фермы от веса снегового покрова (с учётом полного и пониженного значений, а также коэффициентов сочетаний) собирается с площади одной плиты:

$$(2130 \times 0,9 + 2130 \times 0,5 \times 0,95) \times 1,5 \times 6 = 26360 \text{ Н (2636 кгс)}.$$

Исходные данные для расчёта. Сборные железобетонные предварительно напряжённые 24-х метровые стропильные фермы марки ФПЭС 24-3 покрытия над зрительным залом и состоят из двух 12-ти метровых полуферм со стыком в верхнем и нижнем поясах посередине пролёта. Ферма имеет следующие характеристики: бетон М350; напрягаемая арматура нижнего пояса и крайних раскосов – сталь горячекатаная периодического профиля марки 30ХГ2С класса А500; ненапрягаемая арматура марки 25Г2С класса А400 установлена во всех остальных элементах фермы и дополнительно в средних элементах нижнего пояса (на расстоянии $l = 4,0$ м в каждую сторону от стыка). При проведении обмерно-обследовательских работ были определены размеры элементов ферм и их армирование контрольным вскрытием бетона элементов ферм. Расчётная схема фермы – плоская статически неопределимая ферма с жёсткими узлами. В основное сочетание нагрузок включена постоянная нагрузка (собственный вес конструкций, вес кровли, вес воздухопроводов,

ходовых мостиков, конструкций подвесного потолка) и временная (снег). Суммарная нагрузка на ферму распределена между узлами фермы [3-8].

Фактическая прочность бетона в проектном возрасте находится в пределах 30,7- 36,3 МПа, что соответствует фактическому классу В26-В33, что составляет 86- 109% от В30. Дополнительная нагрузка от вентиляционного оборудования 5000Н (500кгс) распределяется на 3 верхних узла фермы, по 1650Н соответственно.

Проверка несущей способности элементов ферм. Рассматриваем характерные сечения железобетонной фермы.

Элементы № 9, 10, 11,13, 14, 16, 17, 31. Усилие растяжению 1658600 Н. Арматура 8 стержней Ø20 мм (класс А500). Площадь арматуры:

$$A_s = 25,13 \text{ см}^2 = 25,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Расчётное сопротивление арматуры растяжению $R_s = 495 \text{ МПа}$ (5000 кгс/см²). Проверка несущей способности элементов осуществляется исходя из условия:

$$N \leq R_s A_s. \quad (22)$$

1658600 Н (165860 кгс) < 495 · 106 · 25,13 · 10⁻⁴ = 1243935 Н (124393,5 кгс). Вывод: Условие (22) не выполнено. Несущая способность элемента не обеспечена (коэффициент использования $k_{исп} = 1,33$). Требуется усиление элемента.

Элементы № 19, 28. Усилие сжатию 16000 Н. Арматура 2 стержней Ø10 мм (класс А400). Площадь арматуры $A = 1,56 \text{ см}^2 = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Расчётное сопротивление арматуры растяжению $R_s = 335 \text{ МПа}$ (3400 кгс/см²). Проверка несущей способности элементов осуществляется исходя из условия (22):

$$16000 \text{ Н} (1600 \text{ кгс}) < 335 \cdot 106 \cdot 1,56 \cdot 10^{-4} = 52260 \text{ Н} (5226 \text{ кгс}).$$

Условие (22) выполнено. Несущая способность элемента обеспечена (коэффициент использования $k_{исп} = 0,31$).

Элементы № 21, 23, 24, 26, 30. Усилие сжатию 171300 Н. Арматура 2 стержней Ø10 мм (класс А400). Площадь арматуры $A_s = 1,56 \text{ см}^2 = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Коэффициент надежности по ответственности $n = 1$. Длина элемента 2,7 м. Коэффициент расчетной длины в плоскости $XoY = 0,8$. Коэффициент расчетной длины в плоскости $XoZ = 0,8$. Конструкция статически определимая. Предельная гибкость – 200. Бетон тяжелый. Класс бетона- В30. Условия твердения: естественное. Коэффициент условий твердения- 1. Несущая способность элемента обеспечена.

Элементы № 1 -7. Усилие сжатию 415400 Н. Изгибающий момент 61200 Нм. Поперечная сила 40800Н. Арматура 4 стержней Ø22 мм (класс А500). Площадь арматуры $A_s = 15,20 \text{ см}^2 = 15,20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Коэффициент надежности по ответственности $n = 1$. Длина элемента 2,99 м. Коэффициент расчетной длины в плоскости $XoY = 0,8$. Коэффициент расчетной длины в плоскости $XoZ = 0,8$. Конструкция статически определимая. Предельная гибкость – 200. Бетон тяжелый. Класс бетона- В30. Условия твердения: естественное. Коэффициент условий твердения- 1. Несущая способность элемента обеспечена.

Элементы № 18, 29. Усилие растяжению 420000 Н. Арматура 4 стержней Ø18 мм (класс А400). Площадь арматуры: $A_s = 10,18 \text{ см}^2 = 10,18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Расчётное сопротивление арматуры растяжению $R_s = 335 \text{ МПа}$ (3400 кгс/см²). Проверка несущей способности элементов осуществляется исходя из условия (22):

$$420000 \text{ Н} (42000 \text{ кгс}) < 335 \cdot 106 \cdot 10,18 \cdot 10^{-4} = 341030 \text{ Н} (34103 \text{ кгс}).$$

Условие (22) не выполнено. Несущая способность элемента не обеспечена (коэффициент использования $k_{исп} = 1,23$). Требуется усиление элемента.

ВЫВОДЫ

В работе были приведены результаты определения прочности материалов конструкций здания в соответствии с положениями СП 13-102-2003. Прочность материалов конструкций здания определялась неразрушающим ударно-импульсным методом при помощи прибора

«BETON PRO CONDTRONL». Расчёт плит перекрытия выполнен по нормальным сечениям и наклонным сечениям на действие поперечных сил. Расчёт несущей способности кирпичных стен выполнен для наиболее нагруженных участков. Расчёт ферм выполнен на ПЭВМ с помощью программного комплекса «SCAD». В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях.

По результатам расчётов прочность междуэтажных плит перекрытия по нормальным и наклонным сечениям обеспечена. Несущая способность кирпичных стен, ленточных фундаментов, грунтов основания обеспечена. На всех фермах присутствуют многочисленные трещины, с шириной раскрытия 0,1мм – 0,3мм, локально имеются трещины с шириной раскрытия более 0,3 мм. В связи с многочисленными протечками покрытия, на фермах образовались многочисленные места коррозии: появление высолов на поверхности бетона, разрушение защитного слоя арматуры, коррозия арматуры (уменьшение сцепления арматуры и бетона), коррозия соединительных металлических пластин и сварных швов в зоне стыка полуферм. Требуется ликвидировать причины образования коррозии и выполнить комплекс мероприятий включающий в себя усиление железобетонных ферм №1-4 и ремонтно-восстановительные работы. Фермы №1-4 находятся в ограниченно-работоспособном техническом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трунтов П.С., Римшин В.И. Усиление конструкций перекрытий спортивного комплекса в период реконструкции // В сборнике: Молодёжные инновации. сборник материалов семинара молодых учёных в рамках XXIII Международной научной конференции. Москва, 2020. С. 153-157.
2. Трунтов П.С., Кецко Е.С. Принципы инженерно-технического обследования строительных конструкций первичных отстойников// Строительство. Архитектура. Дизайн. материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 194-197.
3. Кецко Е.С. Техническое обследование состояния фундаментов здания и грунтов, непосредственно подстилающих их подошву, в рамках работ по капитальному ремонту// Строительство. Архитектура. Дизайн. материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 87-90.
4. Rimshin V.I., Kuzina E.S., Shubin I.L. Analysis of the structures in water treatment and sanitation facilities for their strengthening// Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019. 2020. С. 012074.
5. Degaev E., Rimshin V.I. Checking the integrity of piles by seismic acoustic defectoscopy// Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019. 2020. С. 012153.
6. Degaev E., Rimshin V., Borkovskaya V., Shubin I. Quality risks and logistics processes in major repairs of buildings// E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019. 2020. С. 06024.
7. Borkovskaya V., Degaev E., Rimshin V., Shubin I. Operational risks and building energy efficiency// E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 02012.
8. Rimshin V., Borkovskaya V., Degaev E., Shubin I. Barrier-free urban environment and risks of project solutions implementation// E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 10019.
9. Borkovskaya V., Degaev E., Rimshin V., Shubin I. Quantitative risks and logistic processes in housing and communal services// E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 10020.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ДЕМПФИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАСЧЁТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

В.Н. Сидоров^{1,2}, Е.С. Бадьина², Р.В. Разакова¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

²Российский университет транспорта (РУТ – МИИТ), 129994, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр. 9

Аннотация

Представлены результаты исследований, направленные на уточнение и совершенствование вязкоупругих и вязкоупругопластичных моделей строительных материалов за счёт учёта истории их сопротивления динамическим воздействиям. В составе уравнения движения механической системы Ж. Д'Аламбера, реализуемой численно в форме метода конечных элементов для расчета стержневых конструкций, рассматривается модель вязкоупругих свойств материала, «обладающая памятью» предшествующего процесса деформирования. В качестве основы исследуемой вязкоупругой модели выбрано гауссово ядро распределения демпфирующих свойств материала во времени. Управление параметрами модели позволяют осуществлять ее калибровку по результатам экспериментальных исследований, а также по результатам численного эксперимента с использованием альтернативных утонченных моделей. Модель ориентирована на расчет конструкций на динамические воздействия из структурно неоднородных материалов, проявляющих немгновенную вязкоупругую реакцию на динамическое поведение строительных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящей работе рассматривается численная динамическая модель демпфирования, нелокальная по временной координате, адаптируемая в алгоритм метода конечных элементов, называемая в дальнейшем «демпфированием с памятью».

Предполагается, что демпфирование колеблющейся конструкции в текущий момент времени t зависит не только от мгновенного значения скорости её движения в этот момент времени $\dot{v}(t)$, но и от значения скоростей перемещений в предыдущие моменты времени τ . Причем влияние значения скорости перемещений в момент времени τ тем меньше, чем больше временной промежуток между ним и текущим моментом t .

Основой излагаемого алгоритма является уравнения движения механической системы Ж. Д'Аламбера, реализуемой в работе численно в форме метода конечных элементов для расчета стержневых конструкций. Это уравнение формулирует состояние равновесия деформируемой механической системы, в частности деформируемой строительной конструкции, в её произвольной точке в момент времени t её рассматриваемого состояния:

$$m \cdot \ddot{v}(t) + d \cdot \dot{v}(t) + k \cdot v(t) = F(t). \quad (1)$$

Здесь:

$v(t)$ – искомое значение функции перемещений рассматриваемой точки под воздействием изменяющихся во времени, приведенных к точке внешних сил $F(t)$.

Третье слагаемое левой части (1) представляет внутреннюю силу жёсткости конструкции, пропорциональную перемещению её точки $v(t)$ под воздействием внешних сил. Коэффициентом пропорциональности здесь является жёсткость конструкции в точке k . Второе слагаемое левой части (1) моделирует силу демпфирования движения конструкции, приведенную к рассматриваемой точке. Эта демпфирующая сила пропорциональна скорости движения точки деформируемой конструкции $\dot{v}(t)$, а коэффициентом пропорциональности

здесь является коэффициент демпфирования движения конструкции в точке d . Первое слагаемое в (1) представляет инерционную силу, она пропорциональна ускорению предельно малого объёма деформируемой конструкции $\ddot{v}(t)$, имеющего сосредоточенную в нём массу m .

При численном решении уравнения (1), в частности методом конечных элементов (МКЭ), оно представляется своим дискретным аналогом, определённым в конечномерном пространстве. В случае использования МКЭ дискретный аналог уравнения (1) определён в узлах конечно-элементной расчётной модели конструкции и, как правило, записывается в матричном виде:

$$M \cdot \ddot{\bar{V}}(t) + D \cdot \dot{\bar{V}}(t) + K \cdot \bar{V}(t) = \bar{F}(t). \quad (2)$$

Здесь:

$\bar{V}(t)$ – вектор перемещений узлов расчётной модели,

K – матрица жёсткости конечно-элементной расчётной модели,

D – матрица демпфирования расчётной модели,

M – матрица масс расчётной модели,

$\bar{F}(t)$ – вектор внешних силовых воздействий, приведенных к узлам расчётной модели.

В рассматриваемой работе делается предположение, что угасание движения колеблющейся конструкции в рассматриваемый момент времени t вызывают демпфирующие силы, накопленные, в том числе и в предыдущий период времени $\tau = 0 \div t$. При этом влияние демпфирующих факторов тем меньше, чем больше временной промежуток между моментом времени τ и текущим моментом t .

Для включения предлагаемой в работе модели «демпфирования с памятью» в уравнении (2), представим его в виде:

$$M \cdot \ddot{\bar{V}}(t) + D \cdot \int_0^t G(t - \tau) \cdot \dot{\bar{V}}(\tau) d\tau + K \cdot \bar{V}(t) = \bar{F}(t). \quad (3)$$

Здесь:

$G(t - \tau)$ – ядро оператора нелокального демпфирования. Оно описывает характер убывания влияния скорости перемещений в моменты времени τ на угасание колебаний конструкции в текущий момент t , причём, безусловно:

$$\int_0^t G(t - \tau) d\tau = 1. \quad (4)$$

В качестве такого ядра в этой работе использовано ядро гауссова интеграла:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\tau^2} d\tau. \quad (5)$$

При приведении к виду (4) гауссово ядро из (5) примет вид:

$$G(t - \tau) = \frac{2\mu}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\mu^2(t-\tau)^2}, \quad (6)$$

При этом в (6) для управления степенью нелокальности демпфирования во времени введён параметр μ .

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ

Для численного решения дискретного уравнения динамического равновесия в работе использован метод центральных разностей [4]. В этом случае первая и вторая производные по времени от вектора перемещений $\bar{V}(t)$, участвующие в (2), аппроксимируются центральными конечными разностями:

$$\ddot{\bar{V}}(t) \approx \ddot{\bar{V}}_i = \frac{1}{\Delta t^2} (\bar{V}_{i+1} - 2\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}), \quad \dot{\bar{V}}(t) \approx \dot{\bar{V}}_i = \frac{1}{2 \cdot \Delta t} (\bar{V}_{i+1} - \bar{V}_{i-1}). \quad (7)$$

Здесь

Δt – выбираемый шаг по времени,

$i = 1, 2, 3, \dots$ – порядковый номер рассматриваемого момента времени t .

Таким образом, в соответствии с методом центральных разностей матричное уравнение (2) принимает вид:

$$\frac{1}{\Delta t^2} \cdot M \cdot (\bar{V}_{i+1} - 2\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}) + \frac{1}{2 \cdot \Delta t} \cdot D \cdot (\bar{V}_{i+1} - \bar{V}_{i-1}) + K \cdot \bar{V}(t) = \bar{F}_i. \quad (8)$$

Теперь заменим в (2), в соответствии с (3), классическую локальную во времени модель демпфирования на модель «демпфирования с памятью». Сначала представим центральную разность во втором слагаемом левой части (2), отвечающем за демпфирование, как среднее разности «вперёд» и разности «назад»:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\Delta t^2} \cdot M \cdot (\bar{V}_{i+1} - 2\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}) + \frac{1}{2 \cdot \Delta t} \cdot D \cdot (\bar{V}_i - \bar{V}_{i-1}) + \\ \frac{1}{2 \cdot \Delta t} \cdot D \cdot (\bar{V}_{i+1} - \bar{V}_i) + K \cdot \bar{V}(t) = \bar{F}_i. \end{aligned} \quad (9)$$

На третье слагаемое в (9) с разностью «вперёд» память по понятным причинам не распространяется, и мы оставим его без изменений. А второе слагаемое в (9) с разностью «назад» заменим выражением, «обладающим памятью»:

$$\frac{1}{2 \cdot \Delta t} \cdot D \cdot (\bar{V}_i - \bar{V}_{i-1}) = \frac{D}{2} \sum_{j=1}^i \bar{G}(i, j) (\bar{V}_j - \bar{V}_{j-1}). \quad (10)$$

Здесь

i – номер шага по времени, соответствующий рассматриваемому моменту времени t , $t = \Delta t \cdot i$,

$j = 1, 2, \dots, i$ – номер шага по времени при вычислении ядра $\bar{G}(i, j)$,

$\tau = \Delta t \cdot j$. При численном интегрировании в (10) мы

будем использовать шаг $\Delta \tau = \Delta t$.

Такое слагаемое (10) моделирует «демпфирование с памятью», в нём $\bar{G}(i, j)$ – дискретный аналог ядра $G(t - \tau)$ (6). В нашем случае, используя гауссово ядро, будем $\bar{G}(i, j)$ вычислять по формуле:

$$\bar{G}(i, j) = \frac{2\mu}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\mu^2 \left(t - \left(\tau - \frac{\Delta t}{2} \right) \right)^2}. \quad (11)$$

В результате выполненных преобразований выражение (3) принимает вид:

$$\frac{1}{\Delta t^2} \cdot M \cdot (\bar{V}_{i+1} - 2\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}) + \frac{D}{2} \cdot \bar{Z} + \quad (12)$$

$$\frac{1}{2 \cdot \Delta t} \cdot D \cdot (\bar{V}_{i+1} - \bar{V}_i) + K \cdot \bar{V}(t) = \bar{F}_i,$$

где

$$\bar{Z} = \frac{2\mu}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\mu^2 \left(t - \left(\tau - \frac{\Delta t}{2} \right) \right)^2} (\bar{V}_i - \bar{V}_{i-1}). \quad (13)$$

Преобразуем дискретное уравнение движения конструкции (12), в котором во втором слагаемом участвует принятая модель демпфирования материала, для его последующего пошагового решения во времени:

$$\left(\frac{1}{\Delta t^2} M + \frac{1}{2 \cdot \Delta t} D \right) \bar{V}_{i+1} + \left(-\frac{2}{\Delta t^2} M - \frac{1}{2 \cdot \Delta t} D + K \right) \bar{V}_i + \frac{1}{\Delta t^2} M \cdot \bar{V}_{i-1} + \frac{D}{2} \cdot \bar{Z} = \bar{F}_i. \quad (14)$$

На основе (14) построим вычислительную схему для последовательного пошагового вычисления \bar{V}_{i+1} через вектора \bar{V}_i и \bar{V}_{i-1} , вычисленные на предыдущих шагах i и $i-1$.

$$\bar{V}_{i+1} = Q \cdot \bar{F}_i - Q_1 \cdot \bar{V}_i - Q_2 \cdot \bar{V}_{i-1} - Q_3 \cdot \bar{Z}. \quad (15)$$

При этом в (15):

$$Q = \left(\frac{1}{\Delta t^2} M + \frac{1}{2 \cdot \Delta t} D \right)^{-1}, \quad Q_1 = Q \cdot \left(-\frac{2}{\Delta t^2} M - \frac{1}{2 \cdot \Delta t} D + K \right), \quad (15)$$

$$Q_2 = \frac{1}{\Delta t^2} Q \cdot M, \quad Q_3 = \frac{1}{2} Q \cdot D.$$

На первом шаге по времени заданы $\bar{V}_0 = 0$ и $\bar{V}_1 = 0$ на основе заданных в качестве начальных условий значений $\bar{V}(0)$ и $\dot{\bar{V}}(0)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ

В примере численного расчёта рассмотрено динамическое поведение изгибаемого стержня длиной 6.0м прямоугольного поперечного сечения, выполненного из терморепактивного винилэфирного стеклопластика. Его физические характеристики определялись экспериментально в работах [5,6,7]. Стержень закреплён по концам и приводится в движение мгновенно приложенной равномерно распределённой нагрузкой интенсивностью $q = 10$ кН/м.

Численное моделирование колебаний стержня методом конечных элементов с учётом «демпфирования с памятью» выполнено в программном комплексе MATLAB. Модель нелокального во времени демпфирования колебаний стержня была откалибрована по результатам данных эксперимента управлением значения параметра μ , характеризующего степень такой нелокальности. Судя по (11), чем значение μ больше, тем ближе наша нелокальная модель к классической «локальной», а при уменьшении значения μ эффект демпфирования приобретает большую нелокальность во времени.

В [3] приведена методика определения оптимального значения параметра μ на основании данных эксперимента с использованием метода наименьших квадратов. Эта методика использовалась для подбора масштаба влияния «демпфирования с памятью» и в этой работе. Для калибровки разработанной модели «демпфирования с памятью» была построена и испытана трёхмерная конечно-элементная модель выбранного стержневого элемента в верифицированном расчётном программном комплексе SIMULIA Abaqus CAE, причём при задании физических характеристик композитного материала стержня, он рассматривался ортотропный.

Оптимальное значение параметра нелокальной модели в этом примере составило $\mu = 0.1$ 1/с. Графики прогибов срединного сечения стержня во времени приведены на рис. 1.

Сплошной линией показаны перемещения стержня, полученные с использованием откалиброванной нелокальной модели, а пунктирной – при анализе 3D модели, построенной в SIMULIA Abaqus.

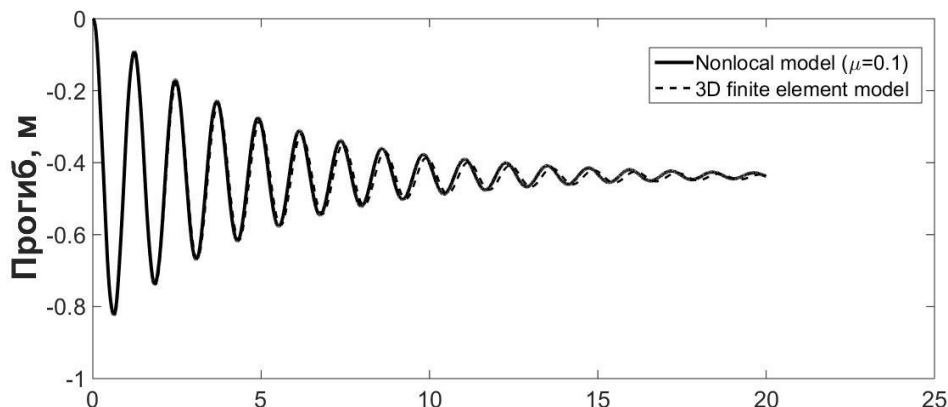


Рис. 1. сравнение с данными численного эксперимента результатов, полученных с использованием откалиброванной нелокальной модели.

На рис. 2 приведено сравнение графика прогибов срединного сечения стержня, полученного решением уравнения движения с использованием классической (локальной по времени) одномерной модели демпфирования, основанной на гипотезе Фойгта, с данными, полученными в SIMULIA Abaqus.

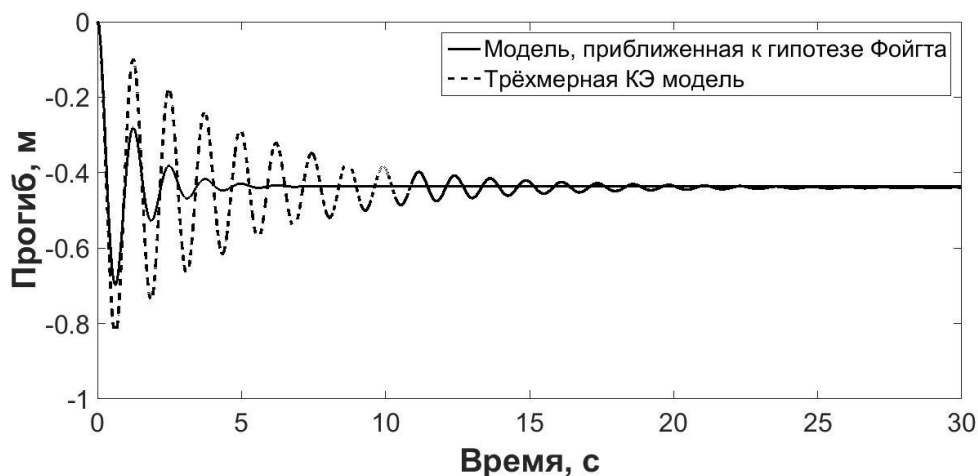


Рис. 2. сравнение с данными численного эксперимента результатов, полученных с использованием классической модели демпфирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Откалиброванная методом наименьших квадратов модель «демпфирования с памятью» с удовлетворительной точностью повторяет данные численного эксперимента над стержневым конструктивным элементом из композитного материала, представляемого ортотропным. Модель «демпфирования с памятью» встраивается в алгоритм решения динамических задач методом конечных элементов, что делает достаточно эффективным её применение для решения прикладных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов П.А., Белостоцкий А.М., Кайтуков Т.Б., Мозгалева М.Л., Аслами М. О некоторых численных и численно-аналитических методах расчета строительных конструкций. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. V 14, i 4? 2018.
2. Fyodorov V. S., Sidorov V. N., Shepitko E. S. 2018 Nonlocal damping consideration for the computer modelling of linear and nonlinear systems vibrations under the stochastic loads *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 456 012040.
3. Shepitko E.S., Sidorov V.N. Defining of nonlocal damping model parameters based on composite beam dynamic behaviour numerical simulation results // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 675 (2019) 012056.
4. Бате К.-Ю., Вилсон Э.Л. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М., Стройиздат, 1982.
5. Landherr J. C. Dynamic analysis of a FRP deployable box beam. Master of Applied Science Thesis. Kingston: Queen's University, 2008.
6. Lim R. A. 2016 Structural monitoring of a 10m fibre reinforced polymer bridge subjected to severe damage (Kingston: Queen's University).
7. Xie A. Development of an FRP Deployable Bridge, Master of Applied Science Thesis, Department of Civil Engineering, Royal Military College of Canada, 2007.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРНЫМ ИСПЫТАНИЕМ ВКЛАДА ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ И ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА В КОЛОННЕ В ПРОЧНОСТЬ ПЛИТЫ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ

А.С. Силантьев¹, Е.А. Лучкин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*silantiev@structure.center*

²*luchkinea@structure.center*

Аннотация

Одним из самых сложных вопросов, возникающий при проектировании зданий с плоскими безбалочными перекрытиями – является вопрос расчета несущей способности плиты на продавливание. На сегодняшний день испытано множество образцов стыка колонны с плоской плитой на продавливание, но в большинстве из них определялись лишь интегральные показатели, такие как разрушающее усилие, линейные и угловые перемещения плиты, угол наклона и форма трещины. Эти данные не позволяют сделать вывод о напряжено-деформируемом состоянии бетона в узле на всех этапах работы и характере работы и вклада продольного армирования.

В статье рассмотрены проблемы расчета и испытания изгибаемых элементов на действие поперечной силы. На основании проведенного предварительного математического моделирования эксперимента определены наиболее важные зоны узла для измерений деформаций, в которые необходимо установить датчики для определения влияния продольной армирования и изгибающего момента в колонне на несущую способность плиты на продавливание. Математическое моделирование рассматривается в рамках двух теорий: классическая теория железобетона и метод механики разрушения железобетона. В результате были определены теоретические разрушающие усилия, а также определены характерные зоны для установки тензодатчиков для измерения сдвиговых деформаций в сжатой зоне бетона и локальных изгибающих моментов в продольной арматуре.

Для подтверждения результатов математического моделирования будет проведен натурный эксперимент. Основной целью эксперимента является получение действительного распределения сдвигающих напряжений в сжатой зоне бетона, а так же величины местных изгибающих моментов в стержня сжатый и растянутой продольной арматуры.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее сложной проблемой в теории железобетона была и остается проблема расчета по наклонным сечениям. В отличие от расчета по нормальным сечениям, расчет плоских перекрытий на действие сосредоточенной силы изучен недостаточно хорошо, несмотря на значительное число работ и публикаций по этой тематике [1, 2, 5, 6, 8]. Имеется большое количество методов расчета, построенных на принципе предельного равновесия и описывающих поведение плиты при продавливании, однако многие основаны на эмпирических или полуэмпирических зависимостях, которые часто не отражают физической сути работа бетона [5, 12].

В данном исследовании ставилась задача нахождения с помощью математического моделирования характерных точек в стыке плоской плиты перекрытия с колонной для установки тензодатчиков датчиков полученных точках. Рассматриваются образцы изготовленные из бетона класса В25 и заармированные арматурой класса А500С. Образцы изготавливаются без поперечного армирования с различными вариациями продольной арматуры:

1. d12 с шагом 100 – верхняя, d12 с шагом 200 – нижняя (2 образца-близнеца);
2. d20 с шагом 100 – верхняя, d8 с шагом 200 – нижняя (2 образца-близнеца);
3. d12 с шагом 100 – верхняя, d8 с шагом 200 – нижняя (4 образца-близнеца).

Такие типы образцов позволят выделить влияние продольного армирования на несущую способность плиты на продавливание.

Два образца типа №3 так же будут испытываться с учетом момента в колонне, для определения его влияния на несущую способность плиты на продавливание.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Математическое моделирование производилось в п/к Abaqus. Расчет проводился в объемной постановке с учетом физической и геометрической нелинейности. При решении задач использовался явный решатель. При моделировании использовались нормативные и расчетные характеристики материалов согласно СП 63.13330.2012.

Для моделирования бетона была использована модель с разрушением (concrete damage plasticity model [14, 15, 16]), в которой учитывается образование трещин при растяжении, сжатии и срезе, а так же теорию прочности, приведенную к прочности Гениева [3]. При использовании данной модели подразумевается, что бетон работает в 3 стадиях: упругая стадия, пластическая, стадия постразрушения. Так как невозможно определить фактическую ширину раскрытия трещин, используется метод размазывания зоны трещины на группу конечных элементов для обеспечения неразрывности конечноэлементной сетки (smeared cracking). Поэтому в диаграмму работы материала вводится ниспадающая ветвь, имеющая условный физический смысл. Диаграмма работы стали принимается двухлинейной с зоной упругой работы и с зоной текучести. Тело бетона во всех схемах моделировалось объемными КЭ типа C3D8R, C3D4, причем октаэдральная сетка элементов использовалась с упрощенным интегрированием с контролем искажения по основному алгоритму, кинематическое разделение принято по алгоритму средних деформаций. Сетка КЭ продольных стержней создана из объемных элементов, при этом использовались КЭ типа C3D4.

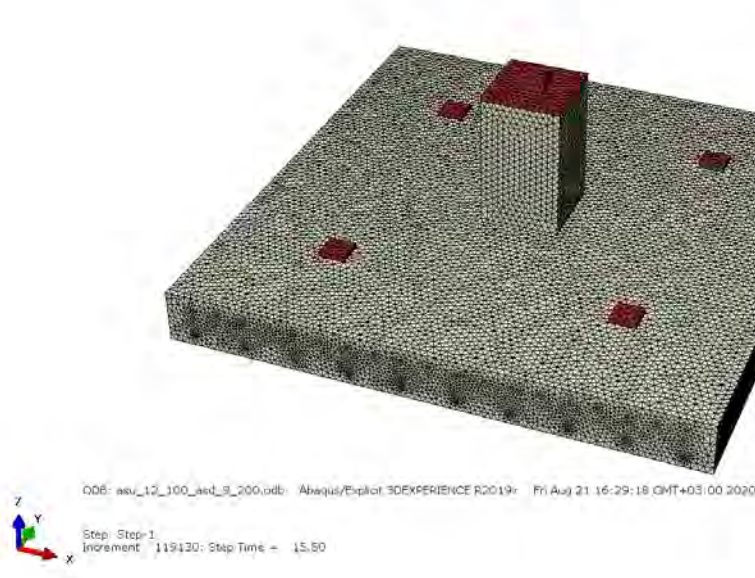


Рис. 1. Общий вид расчетной схемы

Нагружение образца происходило до разрушения от действия поперечных сил, при этом определялись характерные зоны, в которых начинались пластические деформации, либо возникали наибольшие напряжения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 2 показаны изополю сдвиговых деформаций в теле плиты на стадии упругой работы бетона.

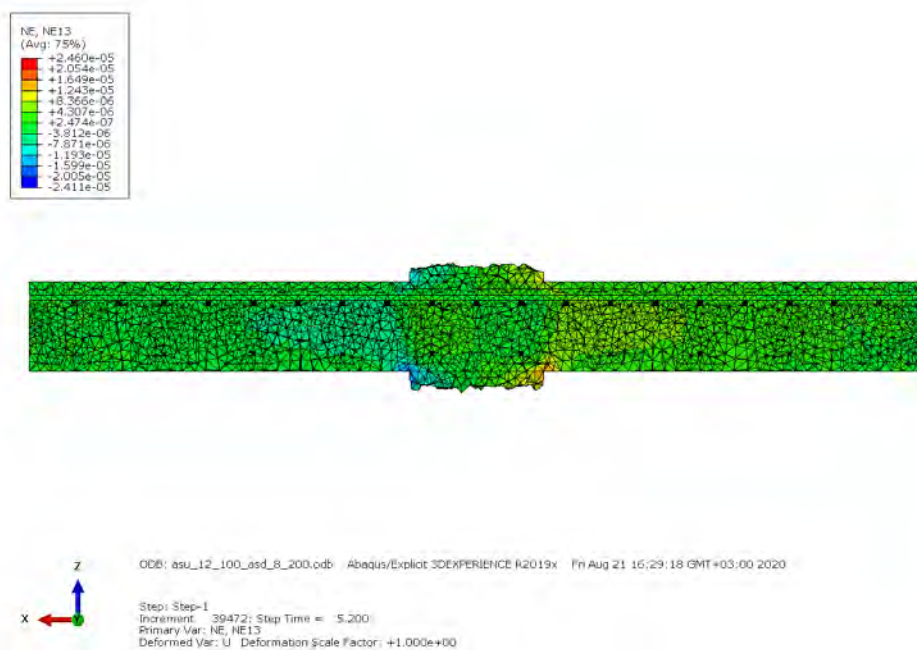


Рис. 2. Распределение сдвиговых деформаций в бетоне на этапе упругой работы

На рис. 3 показаны изополю касательных напряжений в теле плиты на стадии упругой работы бетона.

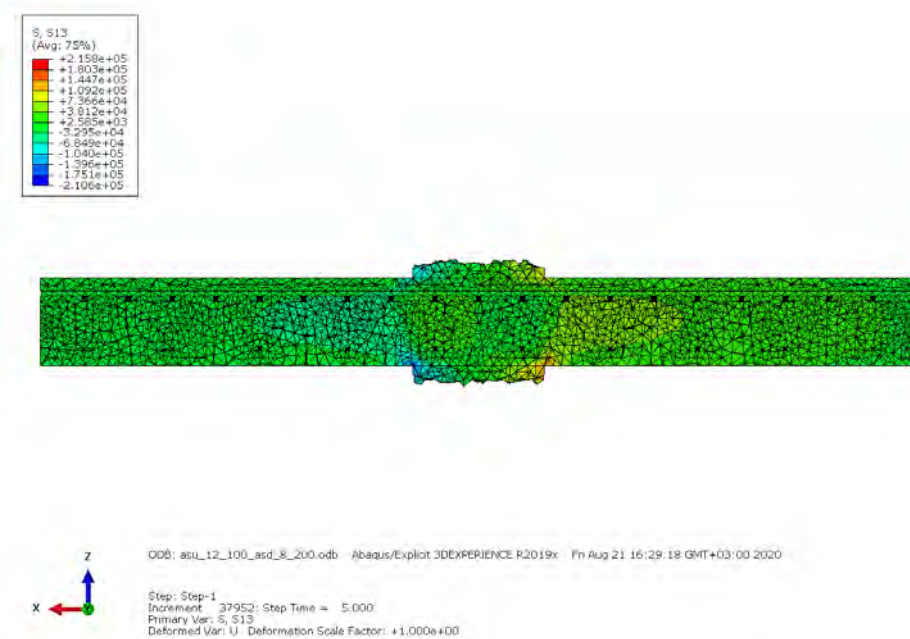


Рис. 3. Распределение сдвиговых напряжений в бетоне на этапе упругой работы, Па

На рис. 4 показаны изополю сдвиговых деформаций в теле плиты на стадии неупругой работы бетона, непосредственно перед разрушением.

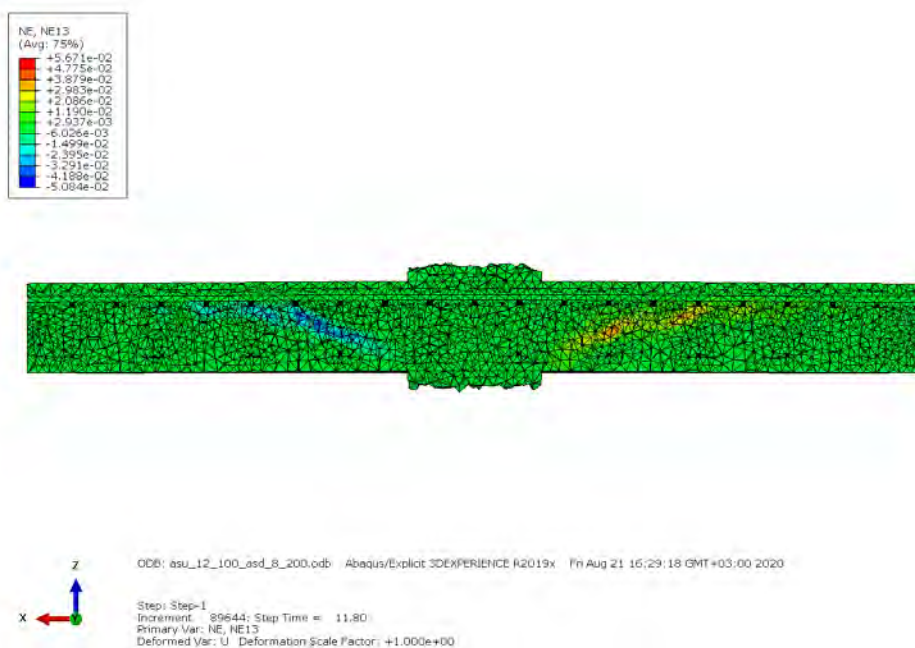


Рис. 4. Распределение сдвиговых деформаций в бетоне на этапе неупругой работы

На рис. 5 показаны изополя касательных напряжений в теле плиты на стадии неупругой работы бетона непосредственно перед разрушением.



Рис. 5. Распределение сдвиговых напряжений в бетоне на этапе неупругой работы, Па

Из данных изополей видно, что наиболее напряженным местом является сжатая зона сечения плиты непосредственно у грани колонны. Ее разрушение от сдвига, по сути, характеризует разрушение узла. Таким образом, для определения величины нормальных и сдвиговых деформаций, необходимо установить несколько тензорозеток в теле плиты в границах сжатой зоны.

Для определения вклада арматуры в прочность на продавливание, необходимо определить участки, в которых на этапе разрушения возникают наибольшие напряжения. На рис. 6 и рис. 7 показаны изополя напряжений по теории Мизеса для верхней и нижней арматуры соответственно.

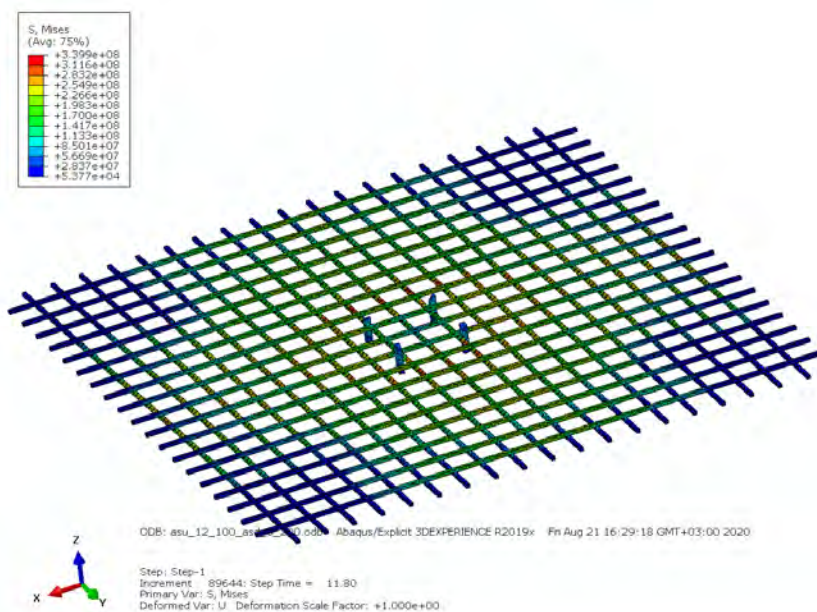


Рис. 6. Распределение напряжений по теории Мизеса в арматуре в верхней зоне плиты (растянутой) на этапе перед разрушением, Па

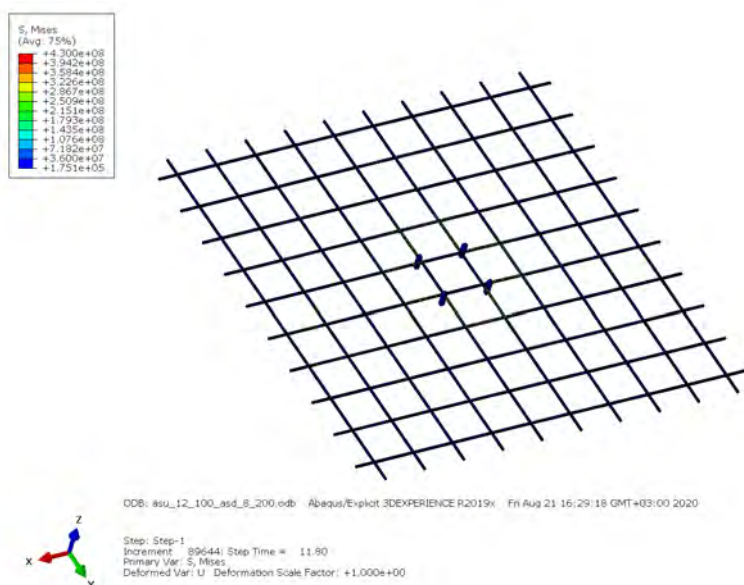


Рис. 7. Распределение напряжений по теории Мизеса в арматуре в нижней зоне плиты (сжатой) на этапе перед разрушением, Па

Таким образом, необходимо становить три пары датчиков (датчик с верху и снизу стержня) по длине арматурного стержня для определения местных изгибающих моментов. Это позволит по зависимостям сопромата определить сдвиговые напряжения в арматуре. Это прямой способ определить величину нагельного эффекта.

Таким образом, характерными точками для измерения деформаций являются:

1. Сжатая зона плиты непосредственно у грани колонны (рис. 8)

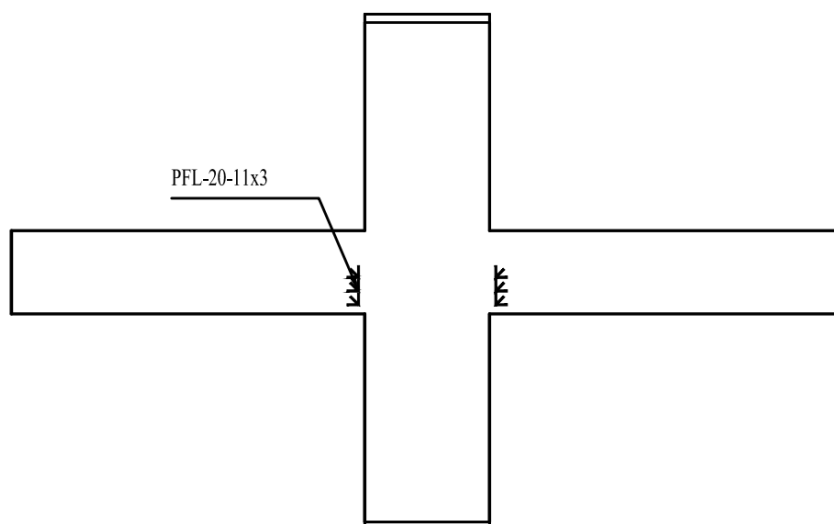


Рис. 8. Схема расположения тензодатчиков в теле бетона

Измерение сдвиговых деформаций в данной зоне является приоритетной задачей при проведении эксперимента. Согласно проведенным исследованиям, именно срез сжатой зоны приводит к разрушению узла, поэтому именно измерение его величины даст наиболее достоверные результаты для построения теории.

2. Сжатая арматура у грани плиты (рис. 9)

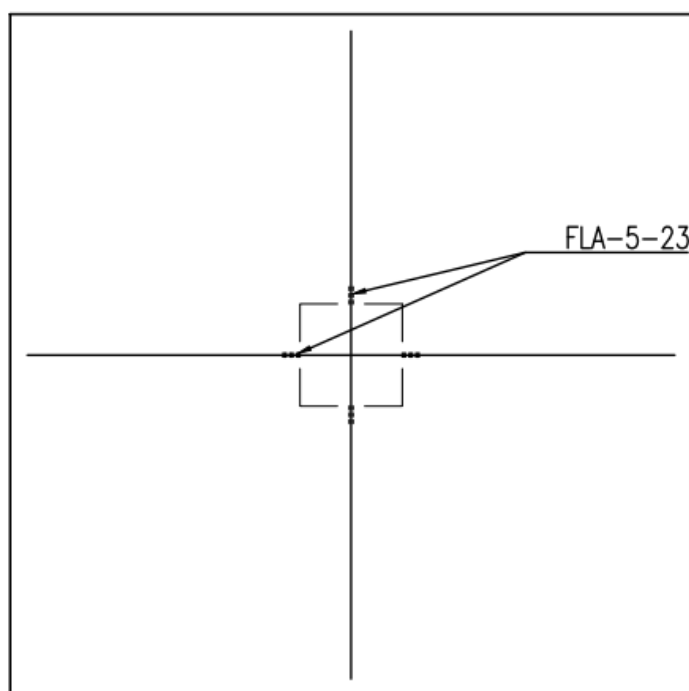


Рис. 9. Схема расположения тензодатчиков на сжатой арматуре

3. Растянутая арматура в месте образования наклонной трещины
4. Нижняя поверхность плиты у грани колонны для определения краевых деформаций (рис. 10).

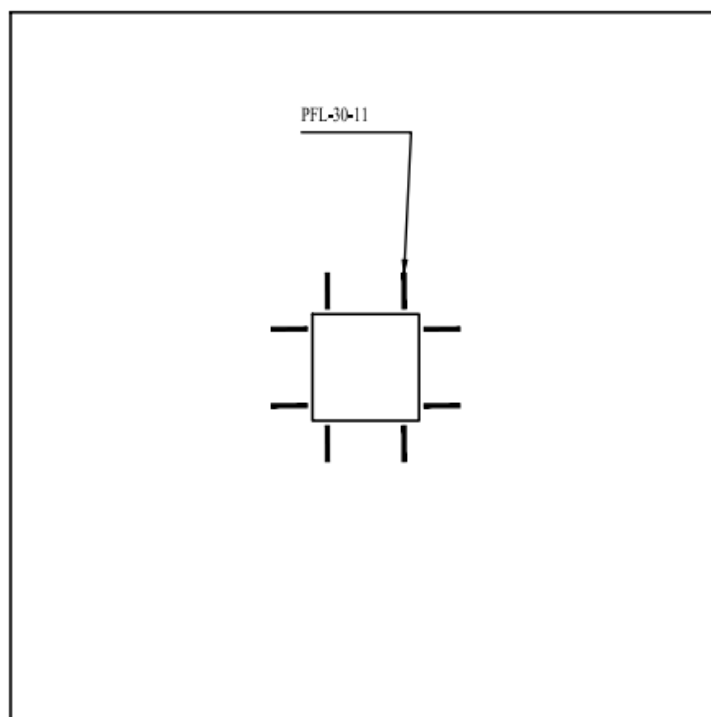


Рис. 10. Схема расположения тензодатчиков на нижней поверхности плиты

ВЫВОДЫ

1. Определены характерные точки для измерения деформаций при испытаниях.
2. Установлены значения напряжений в данных точках, для сверки с результатами, полученными в ходе испытаний. Это позволит в дальнейшем верифицировать модель.
3. Определены характерные значения деформаций в принятых точках, после которых наступает смена стадии работы изгибаемого железобетонного элемента.

Детальная проработка и предварительное математическое моделирование испытания позволит провести его максимально эффективно, так как в ходе предварительной подготовки четко определены искомые параметры, их порядок и точки для их измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватин Н. И., Иванов А. Д. Сопряжение колонны и безребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. — СПб. : СПбОДЗПП, 2006, 82 с.
2. Гвоздев А. А. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. М. : Стройиздат, 1978. 207 с.
3. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. - М.: Стройиздат, 1974. 316 с.
4. Залесов А.С. Сопротивление железобетонных элементов при действии поперечных сил. Теория и новые методы расчета прочности. // Дисс. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук: М., 1978 г. 345 с.
5. Карпенко Н. И., Карпенко С. Н. Практическая методика расчета железобетонных плит на продавливание по различным схемам / Бетон и Железобетон №5, 2012. с. 10 - 16.
6. Коровин Н.Н., Ступкин А. В. Продавливание фундаментов колоннами. – Труды НИИЖБ, 1974, вып.10, с.4–24.
7. Силантьев А. С. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям с учетом влияния продольного армирования. Дисс. канд. техн. Наук – М., МГСУ, 2012. 225 с.
8. Сокуров А. З. Продавливание плоских железобетонных плит, усиленных поперечной арматурой. Дисс. канд. техн. Наук — М. :, 2015. 155 с.
9. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2012. 155 с.
10. Krueger G., Burdet O., Favre R. Punching Tests on RC Flat Slabs with Eccentric Loading [Испытание плит на продавливание внецентренным нагружением], 2nd Intern. Ph.D. Symposium in Civil Engineering, Budapest 1998, pp. 1-8, Budapest, Hungary, 1998.

11. Kyoung-Kyu Choi, Hong-Gun Park “Shear Strength Model for Interior Flat Plate-Column Connections” [Модель сопротивления стыка рядовой колонны и плоской плиты сдвигу]. Journal of the Korea Concrete Institute Vol. 22, No. 3, pp. 345~356, June, 2010
12. Reinck H., Beutel R., etc Punching of structural concrete slabs [Продавливание плитных бетонных конструкций]. — Luasanne, Switzerland: FIB, 2001. 307 p.
13. Nielsen, M.P., Limit analysis and concrete plasticity [Предельные состояния и пластичность бетона], CPC Press, Taylor&Francis Group, LLC, 2011
14. Abaqus Documentation: Abaqus Analysis User’s manual. Materials. Other plasticity models. Concrete. Concrete damaged plasticity. Postfailure stress-strain relation
15. Abaqus Documentation: Abaqus/CAE User’s Manual. Creating and analysing a model using the Abaqus/CAE modules. The Step Module. Configuring analysis procedures
16. Abaqus Documentation: Abaqus Theory manual. Procedures. Nonlinear solution methods, Nonlinear dynamics

К НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМУ СОСТОЯНИЮ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ ПИЛОНАМИ

А.Г. Тамразян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, tamrazian@mail.ru

Аннотация

Целью статьи является изучение потенциала железобетонных систем с плитами перекрытия или системами плоских перекрытий с капителями при прогрессирующем разрушении с учетом продавливания.

Задачи включают в себя исследование следующих эффектов: 1) количество этажей в зданиях (мало-, средне- и многоэтажные), 2) пролеты 3) размеры плиты, и 4) тип плиты (плоские плиты и плиты с капителями) на уязвимость железобетонных конструкций на прогрессирующее разрушение.

Показано, что нижние стержни плиты могут повысить сопротивление сдвигу при продавливании. Небольшое увеличение нижней арматуры может снизить риск прогрессирующего обрушения.

Для различных пролетов и соотношения сторон определена минимальная толщина плиты, при которой не происходит продавливание.

Проведено аналитическое моделирование и структурный анализ для проектирования.

Элементы плиты были смоделированы в виде тонких пластин, где поперечные деформации сдвига не учитываются. Вариант толстой пластины, доступный в компьютере, программное обеспечение включало деформации поперечного сдвига вне плоскости, которые рассматривает пониженные требования к усилию на плиты нормальной толщины.

Представлены требования к верхнему и нижнему армированию плит по аналогии при сейсмическом воздействии.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотренные в данном исследовании плиты зданий были спроектированы в соответствии с [1] и [2]. Плоские перекрытия непосредственно поддерживаются колоннами, тогда как плоские плиты поддерживаются колоннами через капитель. Рисунок 1 иллюстрирует типовую конструкцию плоской плиты перекрытия, а также плиту с плоской капителью.



а)



б)

Рис. 1. Типовые конструкции перекрытия: а) с плоскими плитами (FP), б) с капителями (FS)

Анализ включают оценку соотношения нагрузка/несущая способность в местах с положительным и отрицательным моментом, а также наличие армирования в критических местах элементов конструкции с помощью линейно-упругого статического анализа.

Текущее исследование сосредоточено на анализе прогрессирующего обрушения, вызванного изгибным действием. В некоторых конструкциях сдвиг может быть критическим, и необходимо проверить сдвиг плиты при продавливании.

В [3] рассматривались факторы, которые могли начать прогрессирующее обрушение зданий с плоскими плитами. Такие типы конструкций наиболее уязвимы для прогрессирующего обрушения, так как часто имеется тенденция сдвига при продавливании до отслаивания нижней арматуры. Можно обозначить следующие пункты, чтобы уменьшить уязвимость при прогрессирующем разрушении:

1. Принятие более высоких значений расчетных временных нагрузок.
2. Проектирование нижней арматуры для действия мембранных усилий на растяжение.
3. Положения, связанные с непрерывностью и анкерровкой нижней арматуры.
4. Положения, касающиеся армирования хомутами для неразрезных балок.

Хорошо детализированная плоская плита может сопротивляться даже после разрушения одной из колонны, подвешенные к другим опорам [4-8].

В [9] предположил, что в случае разрушения внутренней колонны, сдвиг в соседние колонны может увеличиться примерно на 25%. Этот сбой может легко распространиться горизонтально и привести к полному выходу плиты из строя. Он также может упасть на нижний этаж, который затем испытывает почти вдвое большую расчетную нагрузку, увеличенную на динамические эффекты. После первоначального разрушения при сдвиге соединения колонна-плита единственное оставшееся сопротивление - это армирование, проходящее через поврежденную область.

Отрицательная (верхняя) арматура могла участвовать в несении части нагрузки. Однако происходит вырыв арматуры из плиты. Это может продолжаться и дальше, пока не станет компромиссом анкерровка, что приведет к отслоению стержней. С другой стороны, нижние стержни более надежны по сравнению с верхними, так как они менее подвержены разрыву. Сопротивление, обеспечиваемое нижней арматурой, быстро увеличивается с увеличением прогибов в вертикальном направлении после первоначального разрушения.

Окончательный механизм отказа до конца не изучен, но считается, что это может быть вызвано текучестью арматуры из-за изгиба и дробления бетона. Можно сделать вывод, что нижние стержни могут повысить сопротивление сдвигу при продавливании. Небольшое увеличение нижней арматуры может снизить риск прогрессирующего обрушения.

Рисунок 2 объясняет поведение верхней и нижней арматуры после первоначального разрушения при продавливании в соединении колонна-плита.

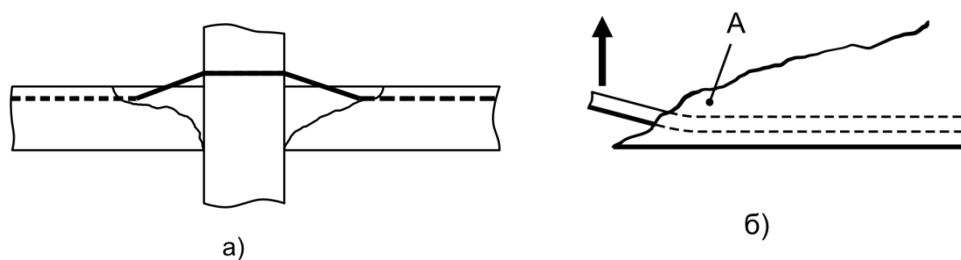


Рис. 2. Поведение верхней и нижней арматуры после продавливания
а). Отрыв верхней арматуры. б). Податливость нижней арматуры
и дробление окружающего бетона (зона А).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. Определение минимальных толщин плиты

Анализируются следующие шесть систем плит перекрытий зданий, состоящих из 1, 5, 10 и 15 этажей:

1. Система плоских плит с пролетами 7x7 м (FP-7x7).
2. Система плоских плит с пролетами 7x3,5 м (FP-7x3,5).
3. Система плоских перекрытий с капителями пролетами 7x7 м (FS-7x7).
4. Система плоских перекрытий с капителями пролетами 7x3,5 м (FS -7x3,5).
5. Система плоских перекрытий с капителями пролетами 5x5 м (FS -5x5).
6. Система плоских перекрытий с капителями пролетами 9x9 м (FS -9x9).

Минимальную толщину плиты можно получить по [2].

$$h_s \leq \left(\frac{l_n (0.6 + \sigma_y / 1000)}{30} \right), \quad (1)$$

где h_s - минимальная толщина плиты.

Толщина плит FP-7x7 и FP-7x3,5

Наибольшая длина чистого пролета l_n была принята равным 6400 мм, а марка стали $\sigma_y = 400$ МПа. В результате $h_s = 213$ мм. Чтобы можно было сравнивать результаты при разных вариантах выбранная толщина плоской плиты во всех зданиях, на всех этажах составляла 250 мм, когда коэффициент соотношения пролетов был 1:1 и 2:1 (FP-7x7 и FP-7x3,5). Минимальная толщина плиты принимается не менее 120 мм.

Толщина плиты FS-7x7

Плиты с капителями используются по экономическим и практическим соображениям для снижения сдвиговых напряжений при продавливании в стыках плиты и колонны, а также для увеличения отрицательного момента за счет обеспечения большей сжатой зоны для более малых толщин плиты. Однако сжатая зона ниже толщины плиты не должна превышать 1/4 расстояния от края колонны или верхней части колонны до края капители. Минимальная толщина плиты указана в [2] :

$$h_s \leq \left(\frac{l_n (0.6 + \sigma_y / 1000)}{30} \right) - \left(\frac{2x_d}{l_n} \Delta_h \right). \quad (2)$$

В приведенном выражении расстояние от края опоры до края капители обозначается x_d . Эта длина может быть от 1/4 до 1/6 наибольшей чистой длины пролета. Значение Δ_h , которое представляет собой проекцию капители ниже плиты, должно быть больше половины толщины плиты и меньше общей толщины плиты с капителью, как показано на рисунке 3. Используя эти значения, вычисленная минимальная толщина плиты составила 180 мм, которая больше минимального 120 мм.

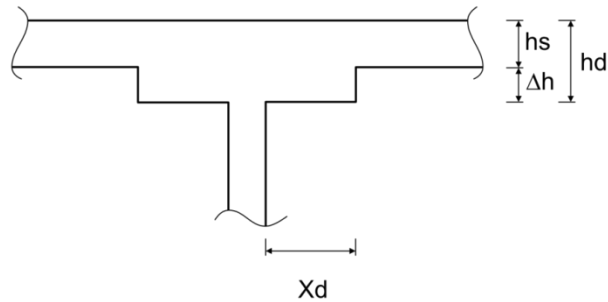


Рис. 3. Поперечное сечение плиты перекрытия

При расчете использовались следующие значения: $h_s = 180$ мм $h_d = 270$ мм $X_d = 1200$ мм.

Толщина плиты FS-7x3.5

Для здания с коэффициентом отношения пролетов в ортогональном направлении 2:1 использовались прямоугольные капители, так как они более экономичны и подходят для данной планировки. Следовательно, капитель проектировался дважды; в коротком и длинном направлениях одинаковой толщины. Единственная разница была в значении X_d . Для этой плиты использовались следующие данные.

Длинное направление:

Те же размеры, что и для FS-7x7 в продольном направлении.

$h_s = 180$ мм. $h_d = 270$ мм. $X_d = 1200$ мм.

Короткое направление:

Минимум $X_d = l_n / 6 = 2900 / 6 = 483$ мм, выбран 500 мм.

$$h_s = \left(\frac{2900(0.6 + 400/1000)}{30} \right) - 2 \left(\frac{500}{2900} \right) 90 = 65,6 \text{ мм.}$$

Значения, используемые в расчете: $h_s = 180$ мм. $h_d = 270$ мм. $X_d = 500$ мм.

Выбранная толщина плиты больше 120 мм.

Толщина плиты FS-5x5

Выбранные расчетные размеры: $h_s = 150$ мм. $h_d = 230$ мм. $X_d = 800$ мм.

$$h_s = \left(\frac{4500(0.6 + 400/1000)}{30} \right) - 2 \left(\frac{800}{4500} \right) 80 = 121,6 \text{ мм.}$$

Эти размеры удовлетворяют требованиям минимальных и максимальных значений, рекомендуется нормами.

Толщина плиты FS-9x9

Выбранные расчетные размеры: $h_s = 230$ мм. $h_d = 350$ мм. $X_d = 1400$ мм.

$$h_s = \left(\frac{8400(0.6 + 400/1000)}{30} \right) - 2 \left(\frac{1500}{8400} \right) 80 = 226,5 \text{ мм., что больше 120мм.}$$

Размеры колонн

С учетом нагрузки на здания было решено использовать квадратные колонны 600 x 600 мм. В этом расчете потребуются разные проценты армирования для разных колонн.

2. Аналитическое моделирование и структурный анализ для проектирования

После того, как были определены размеры элементов, следующий шаг для анализа в

процессе расчета включало моделирование зданий. Для структурного анализа использовалось компьютерное программное обеспечение ETABS [10]. Аналитическая модель для ETABS состояла из безбалочных плит, опертых на колонны. Количество пролетов, используемых в двух ортогональных направлениях, варьировалось в зависимости от размеров здания. Плиты с соотношением сторон 1: 1 имели 6 пролетов в продольном направлении и 3 пролета в поперечном направлении. Плиты с соотношением сторон 2: 1 имели 6 пролетов в продольном направлении и 6 коротких пролетов в поперечном направлении. Элементы плиты были смоделированы в виде тонких пластин, что подразумевало, что поперечные деформации сдвига не учитываются. Вариант толстой пластины, доступный в компьютере, программное обеспечение включало деформации поперечного сдвига вне плоскости, которые рассматривает пониженные требования к усилению на плиты нормальной толщины.

Одним из наиболее важных параметров, который необходимо было определить, был размер ячеек (сеток) для плит.

Были рассмотрены различные варианты, включая соотношение сторон сетки 32,16,8, 4, 2, 1 и 0,5. Соотношение сторон менее 1 было чрезвычайно сложным и требовало больше времени для выполнения. Когда сближение не может быть достигнута быстро, во время анализа возникают другие проблемы, и программа завершается преждевременно. Был сделан вывод, что соотношение сторон 1,0 было оптимальным, а наиболее подходящий вариант размера ячейки для анализа плит FP-7x7 и FP-7x3,5 был 0,25 x 0,25 x 0,25 м. Одна и та же конфигурация размера ячейки (0,25 x 0,25 м) использовалась для всех плит. На рисунке 4 приведены результаты для различных соотношений сторон сетки.



Рис. 4. Влияние соотношения сторон сетки на результаты расчета

Программа для автоматического обеспечения жесткости зоны над колоннами была исключена из анализа, так как она недооценивала требования к усилиям в этих областях. Линейно-упругий расчет зданий был проведен с использованием ETABS. Учитывались два сочетания нагрузок:

-1,4 (постоянная нагрузка)

-1,25 (постоянная нагрузка) + (1,5 временная нагрузка).

Второй случай всегда определял конструкцию плиты.

3. Расчет армирования и детализация плит

Анализ ETABS выявил искривление колонны в соединениях плита-колонна. Искривления колонн для одного этажа были затем экспортированы в программное обеспечение SAFE для анализа и проектирования перекрытий согласно положениям [2]. Анализ ETABS обеспечивает точные опорные ограничения в стыках колонн перекрытий.

Этот подход также позволил учесть искривления колонн на всех этажах многоэтажных зданий, что не могло быть выполнено в SAFE. Был выполнен расчет и определена детализация арматуры, а также были установлены минимальные требования к армированию.

В качестве входных параметров указана ширина надколонной и средней полосы. Полоса колонны была принята как меньшая из $0.25 l_1$ или $0.25 l_2$ по обе стороны от линии колонн, где l_1 и l_2 - продольная и поперечная длины пролета.

Остальные участки плиты образовали среднюю полосу. Чтобы проверить результаты, определенные программой, армирования было проверено ручным счетом.

Колонна и средние полосы были разработаны для положительного и отрицательного армирования на изгиб в середине пролета и на концах полос у колонн.

Было рассчитано непрерывное армирование, которое требуется для формирования части положительной (нижней) арматуры у колонн.

Соответственно, площадь количество непрерывной арматуры должна быть больше двух непрерывных стержней, а площадь больше:

$$\sum A_{sb} = \left(\frac{2V_{se}}{\sigma_y} \right) \quad (3)$$

где σ_y - заданный предел текучести арматуры, V_{se} - сдвиг, передаваемый на колонну от заданных нагрузок, но не менее сдвига, соответствующего удвоенному собственному весу плиты, как описано в [2]. Во всех случаях приведенное выше уравнение, которое является функцией сдвигающей силы, всегда давало большую площадь арматуры, чем два стержня, используемых в качестве минимального армирования. Минимальная площадь армирования в каждом направлении была рассчитана со значением $\mu = 0,002$. Были внедрены правила сокращения арматуры относительно минимальной длины арматуры для плоских плит. Площадь арматуры, использованная в последующем анализе прогрессирующего разрушения, была принята как фактически требуемая, а не как предусмотренная заранее площадь.

На рисунке 5 показано, как обеспечивается положительное армирование в местах расположения колонн.

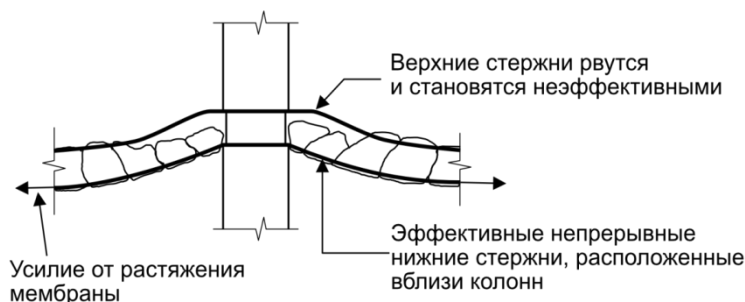


Рис. 5. Схема сопротивления арматуры, предусмотренная в нижней части плиты в месте расположения колонны

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование сейсмических положений и требований улучшают непрерывность армирования в плитах, как сверху, так и снизу, а также обеспечивают некоторый минимальный положительный и отрицательный момент во всех частях плиты.

Необходимо, чтобы, по крайней мере, одна четверть отрицательной (верхней) арматуры была непрерывной на протяжении всего пролета в пределах полосы колонны.

Минимальное количество положительного армирования в надколонной полосе в месте расположения колонн должно быть равно одной трети максимального отрицательного армирования в этом месте. Еще одно требование нижней арматуры состоит в том, чтобы, по крайней мере, половина положительной арматуры в середине пролета была непрерывной вдоль всего пролета, включая концы полос, на которых расположены колонны.

Эти положения обеспечивают значительное улучшение детализации арматуры по сравнению с несейсмическими плитами, которые требуют только непрерывное армирование. Однако непрерывная арматура часто значительно меньше 50% положительного армирования. Сейсмические требования в равной степени распространяются и на надколонные и средние полосы.

ЛИТЕРАТУРА

1. NBCC. 2010. National Building Code of Canada. Institute for Research in construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.
2. CSA. 2004. CSA Standards A23.3-04 - Design of concrete structures. Canadian Standards Association, Rexdale, Ontario, Canada.
3. Hawkins, N. M. and Mitchell, D. 1979. Progressive collapse of flat plate structures. Journal of the American Concrete Institute, Proceedings V.6, No. 7, July, pp. 775-808.
4. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.
5. Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н. К оценке надежности железобетонных плоских безбалочных плит перекрытий на продавливание при действии сосредоточенной силы в условиях высоких температур. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 24-28
6. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
7. Tamrazyan A.G. The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 715-720.
8. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.
9. Regan, P. E. 1981. Behavior of reinforced concrete flat slabs. Report 89, CIRIA, London, UK.
10. CSI. 2008. Analysis reference manual for SAP2000®, ETABS®, and SAFE™, Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОДАВЛИВАНИЮ ПЛИТ ПИЛОНАМИ

А.Г. Тамразян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, tamrazian@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены и проанализированы результаты экспериментальных исследований по продавливанию плит колоннами с различным соотношением сторон поперечного сечения.

Показано, что концентрация напряжений наблюдается в углах колонны на сжатой грани плиты в плоскости действия изгибающего момента. Это говорит о значительной концентрации деформаций бетона сжатой грани плиты возле колонны. Радиальные деформации увеличиваются по мере приближения к колонне, так как расположены в плоскости действия изгибающего момента.

При продавливании плит колоннами прямоугольного сечения величины прогибов плит перед разрушением превышают прогибы плит при продавливании колоннами квадратного сечения на 4-8% вдоль короткой стороны колонны и на 8-11% вдоль длинной стороны.

Для определения возможности прогрессирующего разрушения конструкций из плоских плит, данное исследование направлено на точную оценку сдвига при продавливании.

Несущая способность соединения плита-колонна с использованием условий, присутствующих в случае потенциального обрушения при боковом ограничении в плоскости, может повысить прочность на сдвиг при продавливании. Кроме того, после продавливания несущая способность первоначального соединения плита-колонна может снизить величину нагрузки, которая должна быть перераспределена на окружающие связи.

Статические испытания показали, что прочность на сдвиг при продавливании может увеличиться на 2-8%, поскольку жесткость бокового ограничения колеблется от 17 до 75,6 кН/мм. Испытания также показали, что плита без непрерывного армирования может иметь 54% от максимальной прочности после продавливания. Однако эта несущая способность резко уменьшается по мере увеличения прогиба после разрушения при продавливании. Дальнейшее изучение экспериментов динамического перераспределения нагрузки показали, что плоские плиты уязвимы к прогрессирующему разрушению при уровнях нагрузки примерно 50% от их проектной несущей способности.

Зарегистрированные боковые движения колонн во время испытаний подтвердили наличие силы сжатия мембраны в сплошной плите. Удаление опорной колонны приводит к увеличению динамической нагрузки примерно в 1,3 раза. Поэтому окружающие соединения должны выдерживать как минимум на 30% больше, чем прогнозируемая перераспределенная статическая нагрузка при анализе разрушения.

ВВЕДЕНИЕ

Существующие здания с плоскими плитами перекрытий могут быть особенно уязвимы к прогрессирующему разрушению из-за отсутствия непрерывного нижнего армирования плиты через колонны.

Конструкция с плоскими плитами состоит из армированных плит, опирающихся непосредственно на колонны, как показано на рисунке 1.

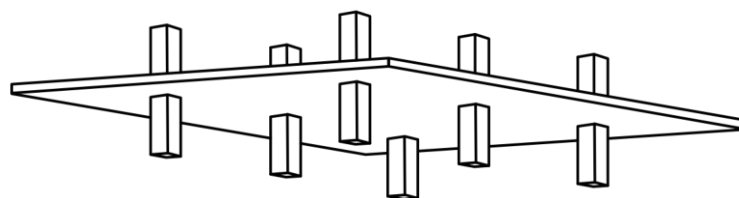


Рис. 1. Конструкция плоских плит

Плоские конструкции получили широкое распространение благодаря меньшей конструктивной высоте, легкой опалубке и невысокой стоимости строительства. Однако концентрация напряжений в узле «плита-колонна» делает это соединение уязвимым для сдвига при продавливании. Когда одно из соединений перегружается и выходит из строя, нагрузка, которую ранее несло это соединение, будет перераспределена на соседние узлы, которые в свою очередь перегружены, вызывая отказ этих соединений, в конечном итоге, приводя к прогрессирующему разрушению.

Основные положения и зависимости для расчета несущей способности плит на продавливание выведены на основе экспериментальных данных и носят полуэмпирический характер. Большая часть исследований связана с изучением работы плит на продавливание при опирании на колонны квадратного сечения. Исследования плит, опирающихся на колонны прямоугольного сечения весьма ограничены.

Опытные образцы в экспериментах [1] – это узлы сопряжения монолитной железобетонной плиты перекрытия с крайней колонной. Испытания проводились на двух типах образцов. Плита перекрытия этих образцов была прямоугольной формы со сторонами 240x110 см и толщиной 14 см. Армирование нижней грани плиты – сетка из проволочной арматуры диаметром 5 мм класса В500. Армирование верхней грани – сетка из стержневой арматуры диаметром 14 мм класса А500. Размеры ячейки сеток 100x100 мм. Образцы отличались размерами поперечного сечения: первый тип образцов имел прямоугольное сечение 80x20 см, второй тип образцов имел квадратное сечение 20x20 см.

Анализ деформаций показывает, что концентрация напряжений наблюдается в углах колонны на сжатой грани плиты в плоскости действия изгибающего момента. Сравнивая показания симметрично расположенных датчиков, находящиеся около колонны, видно, что наибольшие деформации сосредоточились у левой части колонны, который показывает 75% от максимальной сжимаемости бетона при центральном сжатии. Это говорит о значительной концентрации деформаций бетона сжатой грани плиты возле колонны. Радиальные деформации увеличиваются по мере приближения к колонне, так как расположены в плоскости действия изгибающего момента. Об этом свидетельствуют деформации на схемах радиальных датчиков, которые расположены на разном расстоянии от колонны.

Опытные образцы в [2] представляли собой фрагмент монолитного узла сопряжения колонны с плоской плитой. Варьируемый параметр – соотношение сторон поперечного сечения колонны. Испытание проводилось на трех видах образцов:

- КСП-1 – колонна квадратного сечения (размер грани 20 см);
- КСП-2,5 – колонна прямоугольного сечения (20x50 см);
- КСП-4 – колонна прямоугольного сечения (20x80 см).

Размеры плиты в плане для образцов КСП-1, КСП-2,5 и КСП-4 составляли соответственно 200x200 см., 200x220 см. и 200x240 см. Толщина плит образцов – 14 см.

Плиты армировались арматурными сетками по верхней и нижней граням. Поперечное армирование отсутствовало. Армирование у верхней (растянутой) грани плиты выполнялось стержнями Ø 14 мм класса А500 с шагом 100 мм. Армирование у нижней (сжатой) грани армирование выполнялось проволокой Ø 5 мм класса В500 с шагом 100 мм. Продольное армирование фрагмента колонны в образцах было следующим: КСП-1 – четыре стержня Ø 18 мм, КСП-2,5 – шесть стержней Ø 16 мм и КСП-4 – восемь стержней Ø 16 мм класса А500.

Поперечное армирование в колоннах выполнялось вязаными хомутами $\varnothing 4$ мм класса В500 с шагом 100 мм.

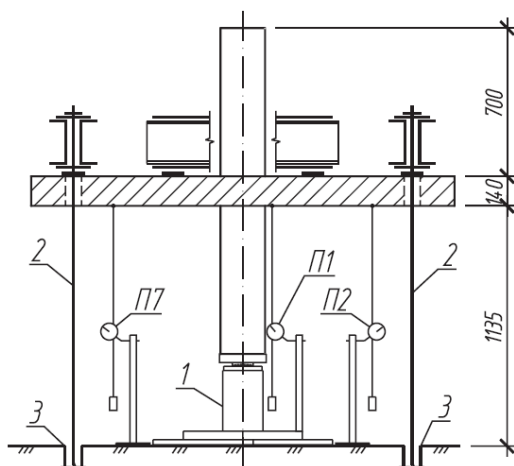
Образцы изготавливали из тяжелого бетона на известняковом щебне фракций 5-20 мм. Основные физико-механические характеристики материалов опытных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики материалов опытных образцов.

Образцы	Прочность бетона, МПа			Прочность арматуры, МПа, $\sigma_{0,2}/\sigma_{ult}$		
	кубиковая	призменная	на осевое растяжение	$\varnothing 14$	$\varnothing 16$	$\varnothing 18$
КСП-1	40	31,6	2	585/708	-	592/684
КСП-2,5	29	22,2	1,6	619/747	597/687	-
КСП-4	32,8	25,6	1,7	619/747	597/687	-

Примечание. $\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести; σ_{ult} - временное сопротивление образца.

Опытные образцы нагружались в силовой раме, представленной на рисунке 2. Вертикальная нагрузка создавалась гидравлическим домкратом грузоподъемностью 1000 кН и прикладывалась к нижней грани колонны. Нагрузка на плиту опытных образцов передавалась через четыре металлические балки, которые имеют по две шарнирные точки опирания на верхнюю грань плиты. Балки удерживались тягами, проходящими через гильзы в плите образца и закрепленными в силовом полу.



1 – домкрат; 2 – тяги; 3 – силовой пол

Рис. 2. Схема нагружения опытного образца

По результатам экспериментов установлено. Трещинообразование в плитах всех опытных образцов имело схожий характер. Первые радиальные трещины шириной раскрытия 0,05 мм образовывались на верхней поверхности плиты от граней колонны и развивались к внешнему контуру плиты при уровне нагружения $(0,25 - 0,30)P_{ult}$; образование тангенциальных трещин наблюдалось при уровне нагружения $0,45 - 0,5P_{ult}$. При увеличении уровня нагружения раскрытие трещин было незначительным. При этом наблюдалось образование новых трещин. При уровне нагружения $0,85P_{ult}$ образование трещин практически прекратилось. Перед разрушением ширина раскрытия радиальных трещин достигала 0,3 мм, тангенциальных (у граней колонны) – 0,5 - 0,7 мм. Наиболее

интенсивный процесс образования трещин в плите наблюдался на участках возле углов колонн.

В месте приложения сосредоточенной силы либо опирания плиты на точечные опоры вполне вероятно ее разрушение от продавливания. Это случается в том случае, если сосредоточенная сила от внешней нагрузки, приходящей в узел сопряжения, превышает предельное усилие, воспринимаемое бетоном.

В [3] представлены основные положения расчета элементов на продавливание при действии сосредоточенной силы.

Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при действии сосредоточенной силы производится из условия:

$$F \leq F_{b,ult}, \quad (1)$$

где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки;

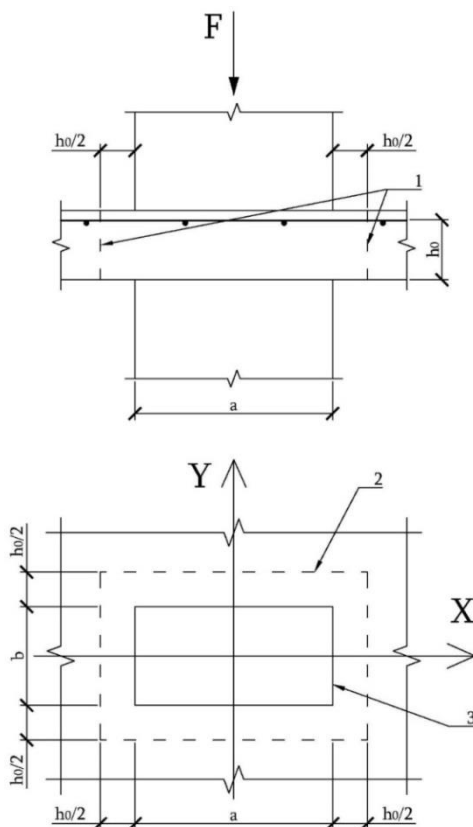
$F_{b,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое бетоном.

Усилие $F_{b,ult}$ определяется по формуле:

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot A_b, \quad (2)$$

где R_{bt} – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельных состояний первой группы;

A_b – площадь расчетного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $0,5h_0$ от границы площади приложения сосредоточенной силы F с рабочей высотой сечения h_0 (рис.3).



1 – расчетное поперечное сечение; 2 – контур расчетного поперечного сечения;

3 – контур приложения нагрузки

Рис. 3. Схема расчетного сечения плиты на продавливание

Площадь A_b определяется по формуле:

$$A_b = u \cdot h_0, \quad (3)$$

где $u = 2 \cdot (a + b + 2h_0)$ – периметр контура расчетного поперечного сечения;
 a и b – размеры сторон колонны;
 h_0 – приведенная рабочая высота сечения.

Приведенная рабочая высота сечения h_0 определяется по формуле:

$$h_0 = 0,5(h_{0x} + h_{0y}), \quad (4)$$

где h_{0x} и h_{0y} – рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении осей X и Y.

Поскольку разрушение при продавливании и сдвиге является важным механизмом в конструкциях с плоскими плитами, большинство предыдущих исследований были проведены для определения прочности на сдвиг при продавливании соединения «плита-колонна».

В [4] предложили модель, основанную на испытаниях круглых плит, центрально опирающихся на круглые колонны и нагруженные по краям плит. Механическая модель плиты разделена на сжатую коническую стойку и жесткий сегмент. Основная идея модели – создать равновесие сил, действующих на жесткий сегмент.

Muttoni в [5] предложил критическую теорию трещин сдвига для прогнозирования прочности железобетонных плит при продавливании.

Broms в [6] предложил модифицированную модель [4]. Механизм разрушения модели состоит в том, что поперечная сила принимается равномерной и переносится на колонну, которая сжимает бетон по периметру колонны, и когда напряжение сжатия приближается к уровню текучести, сжатая зона за пределами периметра колонны разрушается из-за образования радиальных деформаций растяжения.

Модель также предполагает, что разрушение при сдвиге при продавливании происходит, когда тангенциальная деформация или сжимающие деформации в радиальном направлении достигают примерно 0,001 при прочности бетона на сжатие 25 МПа. При деформации, превышающей 0,001, очевидно, что практически линейно-упругое поведение бетона при низких деформациях начинает меняться. Этот критический уровень уменьшается с увеличением прочности бетона, поскольку высокопрочные бетоны более хрупкие.

Разрушение в первую очередь, вызвано деформацией радиального растяжения, явлением, которое не наблюдается для сплошных односторонних плит и балок. Радиальная деформация начинает уменьшаться, когда нагрузка приближается к нагрузке для продавливания и непосредственно перед продавливанием радиальная деформация падает до нуля.

В работах [7-15] рассмотрены различные условия работы элементов узла соединения.

Нормы [16] предоставляет уравнения для проверки прочности на сдвиг при продавливании, которая связывает прочность на сдвиг V_R при продавливании до эффективной толщины плиты d , контрольный периметр критического сечения b_0 (на расстоянии $d/2$ от торца колонны), R_b прочность бетона на сжатие.

$$V = \frac{1}{3} b_0 d \lambda \sqrt{R_b}, \quad (5)$$

где λ – коэффициент для учета бетона, принимаемый за единицу для нормального веса бетона. Поскольку коэффициент армирования не учитывается в расчетном уравнении, то уравнение (5) при низком армировании часто приводит к завышенному прогнозу прочности на сдвиг при продавливании.

Еврокод [17] включает дополнительные параметры, такие как коэффициент армирования при изгибе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Большинство уравнений норм сформулированы на основе испытаний образцов соединения «плита-колонна», изолированных от окружающей среды без бокового ограничения.

В конструкции действие сжимающей мембраны может помочь увеличению несущей способности соединения до того, как произойдет его разрушение.

В [18] показали, что деформации на поверхности растяжения значительно выше по величине, чем на поверхности сжатия. Чистые деформации при растяжении на середине толщины плиты заставляют плиту расширяться, создавая наружные горизонтальные смещения на концах. Эта тенденция к внешнему расширению будет предотвращена при некоторых степенях бокового ограничения опорных колонн, балок или стен. В боковом сдерживании в плите уменьшенные осевые силы были в несколько раз больше, чем приложенная нагрузка. Эти осевые силы служат для увеличения жесткости при изгибе и несущей способности плиты примерно на 30-40% относительно неподдерживаемой плиты [19]. Иллюстрация улучшенного поведения плиты боковыми ограничениями показана на рисунке 4.

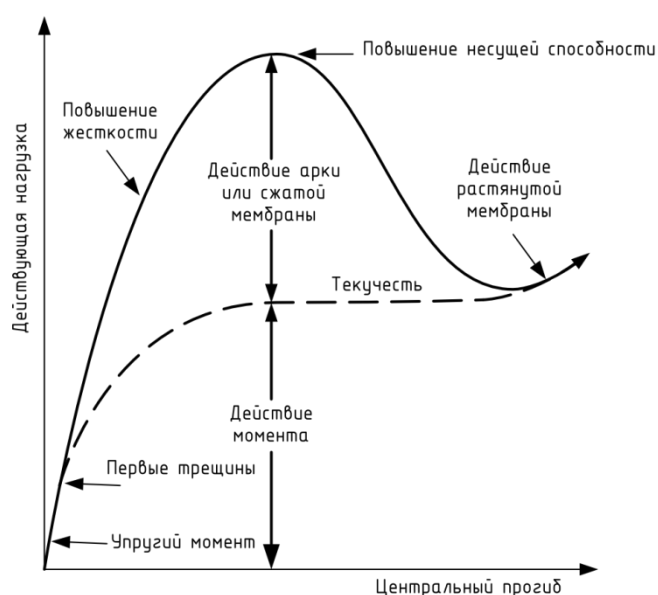


Рис. 4. Иллюстрация эффективного поведения плиты с боковыми ограничениями

Действие сжимающей мембраны в плите очень чувствительно к степени бокового ограничения на торцевых опорах. Более высокая степень бокового ограничения может привести к более высокой несущей способности; с другой стороны, низкая степень бокового ограничения часто вызывает непропорционально низкую несущую способность. В [20] показали основные формулировки простого метода для прогнозирования повышенной несущей способности жестко закрепленных плит (см. рис.5). Метод показал хорошую корреляцию с широким спектром результатов испытаний из разных источников.

Повышение прочности на продавливание при сдвиге с боковыми силами сжатой мембраны рассматривались в [21,22]. Они указывают на то, что сжимающая сила мембраны может развиваться в плитах из-за эффектов сдерживания, что, в свою очередь, увеличивает сдвиг в соединении «плита-колонна». Испытания показали, что в зависимости от коэффициента армирования при изгибе и отношения пролета к толщине плиты, сила сжатия в плоскости может увеличить несущую способность от 30 до 100%. Величина прочности на сдвиг при продавливании увеличивается в зависимости от степени бокового ограничения [23].

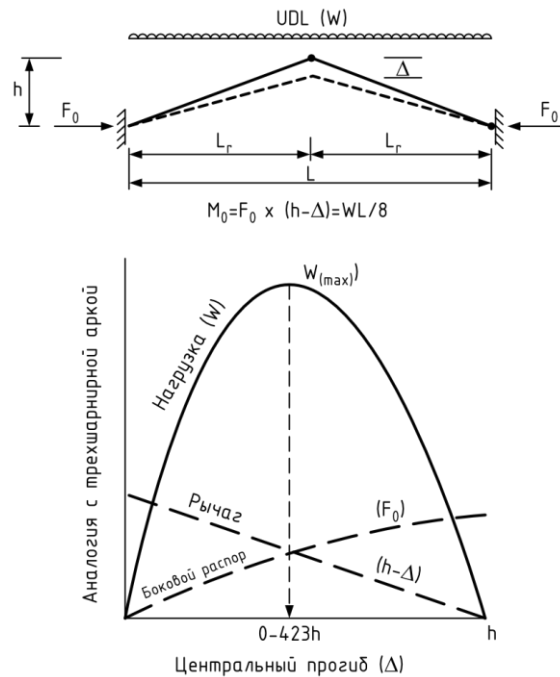


Рис. 5. Аналогия с трехшарнирной аркой

Поведение соединения «плита-колонна» после разрушения при продавливании и сдвиге может иметь значительное влияние на прогрессирующее разрушение. Несущая способность после продавливания обеспечивается растягивающим действием верхней арматуры мембраны с основным вкладом непрерывного нижнего армирования [24]. Непрерывные арматурные стержни несут нагрузку за счет высокого напряжения растяжения и могут развить почти 98% прочности на сдвиг при и после продавливании, что может быть рассмотрено как способ снижения вероятности прогрессирующего разрушения [25].

Более ранние нормы не требовали нижнего непрерывного армирования. После разрушения от продавливании верхняя арматура часто считается неэффективной из-за его тенденции вырываться из бетона.

С другой стороны, непрерывное нижнее армирование может обеспечить надежную стойкость к продавливанию колонн против обрушения за счет нагельного эффекта, обеспечивающего сопротивление при больших смещениях, пока не произойдет разрыв из-за высокой растягивающей нагрузки в стержне, вырывания из бетона или вырывание из-за недостаточной длины заделки, как показано на рисунке 6.

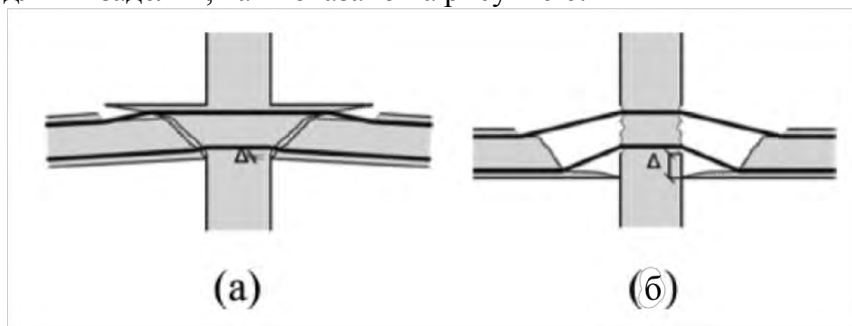


Рис.6. (а) Действие нагельного эффекта в непрерывных стержнях после продавливания; (б) Сопротивление после продавливания, обеспечиваемое конструктивным непрерывным армированием и вырыванием верхней арматуры

В [26] обнаружили, что непрерывное армирование может обеспечить несущую способность от 50% до 100% прочности на сдвиг при продавливании. В результате увеличилась длина неразрывных стержней с небольшим увеличением сопротивления после

продавливания, но предельная деформируемость увеличилась на 28%. Они также пришли к выводу, что, согласно анализу, верхние стержни после продавливания составляли около 20% несущей способности за счет сопротивления разрыву бетона и вырыву стержней после значительного прогиба.

Испытания, проведенные в [27], показали, что закрепленная верхняя арматура дает стабильную несущую способность после продавливания примерно 30% от нагрузки на продавливание. Использование незаанкеренных стержней не помогло обеспечить стабильную реакцию после продавливания.

Способность соединения после продавливания также играет роль в улучшении сопротивления плиты прогрессирующему разрушению. Если соединение имеет остаточную несущую способность после продавливания, то эта нагрузка не может полностью передаваться на окружающие соединения и привести к их перегрузке.

Некоторые своды правил содержат явные формулировки для расчета непрерывного армирования соединения «плита-колонна». Другие нормы и правила содержат только некоторые рекомендации по снижению вероятности прогрессирующего разрушения после отказа от сдвига при продавливании. Чтобы в сжатой зоне при изгибе была предусмотрена арматура, для уменьшения вероятности обрушения после локального разрушения при продавливании, армирование должно распространяться на поддерживаемую площадь и иметь следующее значение:

$$V_d = A_{sb} f_{sd} \sin \psi, \quad (6)$$

где A_{sb} - общая площадь поперечного сечения непрерывной арматуры, проходящей через колонну, f_{sb} - расчетный предел текучести стальной арматуры, V_d - расчетное значение сдвига, передаваемого на колонну в аварийной ситуации, ψ - угол наклона арматурных стержней в области продавливания после разрушения, как показано на рисунке 7.

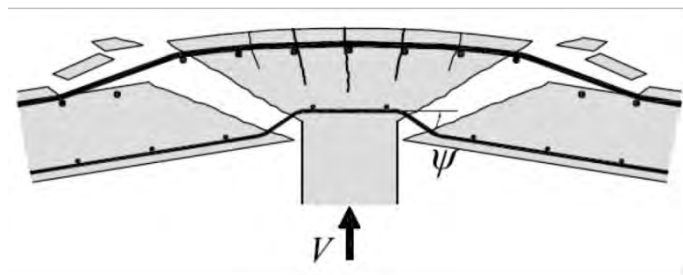


Рис.7. Соединение «плита-колонна» после разрушения при продавливании

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В большинстве современных норм в соединении «плита-колонна» теперь требуются непрерывное нижнее армирование, более ранние плоские железобетонные плиты зданий обычно проектировались без использования необходимого непрерывного армирования для развития растягивающего мембранного действия. Следовательно, эти здания могут быть очень уязвимы при прогрессирующем разрушении при потере несущей колонны. Однако эффективность хорошо закрепленной растягивающей арматуры против прогрессирующего разрушения неизвестна, и до сих пор нет экспериментальных доказательств несущей способности после продавливания соединения «плита-колонна» без непрерывных нижних стержней под статической и динамической нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев М.А. Влияние геометрической формы сечения колонны на напряженно-деформированное состояние железобетонной плиты при продавливании // Поколение Будущего: Взгляд Молодых Ученых - 2019. - Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. - С. 113-117.
2. Филатов В.Б., Бубнов Е.П. Экспериментальные исследования прочности плоских железобетонных плит при продавливании // Промышленное и Гражданское Строительство. - 2017. - №2. - С. 86-91.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Утв. Минстрой РФ 19.12.2018.: введ в действие с 20.06.2019. – 124 с.
4. Kinnunen, S., and Nylander, H. (1960). Punching of Concrete Slabs without Shear Reinforcement, Meddelande No.158, Transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
5. Muttoni A. 2008, Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement, ACI Structural Journal, V.105, No 4, pp. 440-450.
6. Broms, S.E. "Punching of Flat Plates-A Question of Concrete Properties in Biaxial Compression and Size Effect," ACI Structural Journal, V.87, No.3, May-June 1990, pp.292-304.
7. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.
8. Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н. К оценке надежности железобетонных плоских безбалочных плит перекрытий на продавливание при действии сосредоточенной силы в условиях высоких температур. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 24-28
9. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
10. Tamrazyan A.G. The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 715-720.
11. Tamrazyan A., Avetisyan L. Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions. Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 638-640. С. 62-65.
12. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.
13. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
14. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.
15. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
16. ACI Committee 318. (2014). "Building code requirements for reinforced concrete
17. (ACI318-05)." American Concrete Institute. Eurocode Eurocode 2: Design of concrete structures- Part 1-1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, December, 2004.
18. Vecchio, F. J., & Tang, K. (1990). Membrane action in reinforced concrete slabs. Canadian Journal of Civil Engineering, 17(5), 686-697.
19. Leibenberg, A.C. "Arch action in concrete slabs", Pretoria, SA, National Building Research Institute Bulletin No.40, CSIR Research Report NO. 234, 1966.
20. Rankin, G.I.B., Niblock, R.A., Skates, A.S and Long, A.E. (1991). "Compressive membrane action strength enhancement in uniformly loaded, laterally restrained slabs." The Structural Engineering. volume 69/NO.16/20.
21. Guice, L. K. and Rhomberg, E. J. (1988). "Membrane Action in Partially Restrained Slabs," ACI Structural Journal, 85 (4), 365-373.
22. Salim, W. and Sebastian, W.M. (2003). "Punching shear failure in reinforced concrete slabs with compressive membrane action." ACI Structural Journal, 100(4), 471-479.
23. Alam, A.K.M.J., Amanat, K.M., and Seraj, S. M. (2009). "Experimental investigation of edge restraint on punching shear behavior of RC slabs." Civil & Structural Engineering, Vol.2, No. 1, Feb 2009, 35-46.
24. Hawkins, N. M. and Mitchell, D. (1979). "Disproportionate Collapse of Flat Plate Structures," ACI Journal Proceedings, 76 (7), 775-808.
25. Mirzaei Y. (2010). "Post-Punching Behavior of Reinforced Concrete Slabs." EPFL, Lausanne, Switzerland, Ph.d Thesis.
26. Habibi, F., Redl, E., Egberts, M., Cook, W., and Mitchell, D. (2012) "Assessment of CSA A23.3 Structural Integrity Requirements for Two-Way Slabs", Can. J. Civ. Eng., 39: 351-361.
27. Ruiz, M., Mirzaei, Y., Muttoni, A., (2013) "Post-Punching Behavior of Flat Slabs", ACI Structural Journal, 110(5): 801-811.

НОВЫЕ ТИПЫ МЕМБРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Р. Туснин, М.В. Постарнак

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

ВВЕДЕНИЕ

Мембранные конструкции – это висячие системы, которые состоят из тонколистовой пролётной оболочки (мембраны) и конструкции, воспринимающей распор. Распор мембраны воспринимается оттяжками, контрфорсами, опорными контурами. Мембранная оболочка может быть нулевой (цилиндрическая оболочка), положительной (провисающая оболочка) или отрицательной Гауссовой кривизны. Форма мембранной оболочки зависит от очертания здания в плане, наличия внутренних опор, а также от конструкции опорного контура [1, 2, 3]. Мембранные покрытия с замкнутым опорным контуром не передают распорные усилия на колонны, что исключает их изгиб. Мембрана в зависимости от пролёта и действующей нагрузки изготавливается из листовой стали толщиной 0,5 - 5 мм. Опорный контур может быть стальным или железобетонным [4, 5, 6, 7]. Наиболее рациональной формой мембранного покрытия в плане является круглая или овальная (рис.1).



Рис.1. Мембранное покрытие конькобежного центра в Коломне

Прямоугольные в плане покрытия имеют более высокую материалоемкость, но также находят применение (рис.2).



Рис.2. Мембранное покрытие дворца спорта в Измайлово

Для конструкций пролётом до 36 м опорный контур может быть выполнен из стального швеллера или двутавра. Наиболее рационально располагать профиль так, чтобы его полки были горизонтальны. Мембрану при этом удобно крепить к верхней или нижней полке. При загрузении покрытия опорный контур работает на сжатие, изгиб и кручение.

Расчёт мембранных конструкций следует выполнять с учетом геометрической нелинейности системы [4, 5, 6, 7, 8].

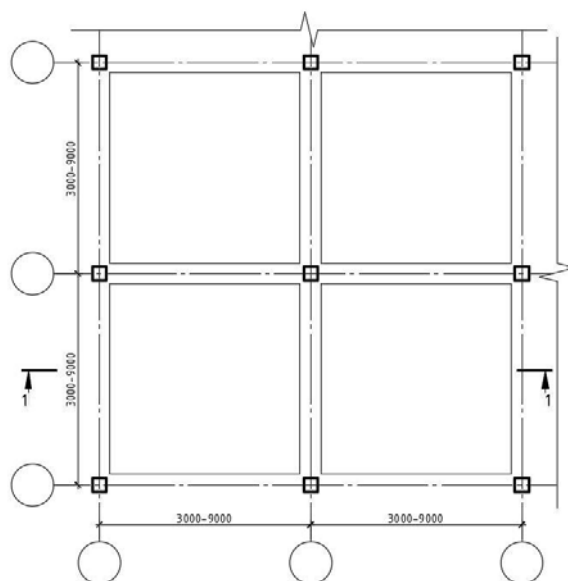
Одним из способов решения проблемы кинематической изменяемости, характерной для висячих конструкций, является устройство поверх мембраны железобетонного монолитного слоя [9]. Такой приём показал свою эффективность в большепролётных покрытиях. Подобного типа мембранные конструкции на прямоугольном плане могут применяться и в перекрытиях зданий. В этом случае мембрана служит несъёмной опалубкой для укладываемого бетона. После того, как бетон наберёт прочность, формируется жёсткий диск перекрытия способный воспринимать нагрузки, характерные для перекрытий зданий. Использование мембранных перекрытий позволяет упростить монтаж каркаса и снизить расход стали. Однако внедрение таких конструкций сдерживается отсутствием данных о действительной работе мембранных систем в перекрытиях зданий. В связи с этим исследование мембранных конструкций с монолитным бетонным, выполненным по мембране, является актуальным.

В покрытиях зданий опорный контур обычно опирается на колонны с шагом 6 или 12 м. При большом шаге колонн контур в вертикальной плоскости приходится подкреплять фермой или шпренгелем. Для уменьшения усилий в контуре и снижения его металлоёмкости можно использовать мембранные системы на прямоугольном плане, которые опираются на колонны не опорным контуром, а мембраной. Работа покрытия с непосредственным опиранием мембраны на колонны изучена недостаточно. Для расчёта и проектирования таких покрытий отсутствуют рекомендации, что делает актуальным исследование их поведения с учётом реальных условий эксплуатации и особенностей конструктивного решения.

КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ РАСЧЁТА

В зданиях со стальным каркасом перекрытия должны иметь достаточную несущую способность и жёсткость, обеспечивать необходимую звукоизоляцию, обладать требуемой огнестойкостью. В качестве перекрытий можно использовать комбинированную систему, состоящую из провисающей мембранной панели прямоугольной в плане и монолитной железобетонной плиты. Размеры панелей в плане от 3 до 9 м и равны шагу колонн каркаса. Мембранные панели опираются на колонны только по углам. Мембранная панель собирается на строительной площадке и монтируется в проектное положение, после чего на оболочку подаётся бетононасосом бетон, образующий после твердения жёсткий диск перекрытия. На рис.3 показана конструкция мембранного перекрытия многоэтажного здания.

а)



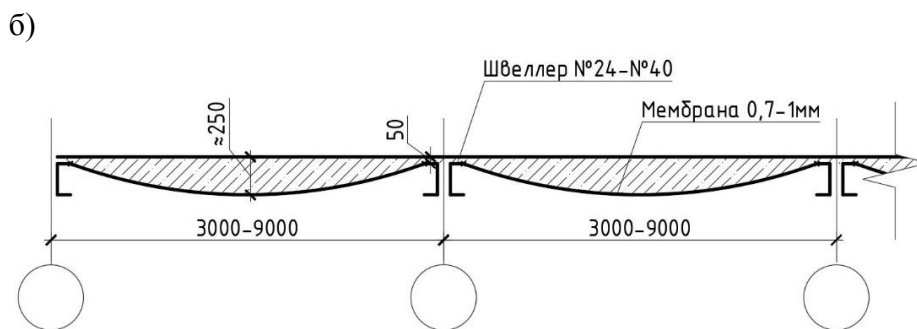


Рис.3. Мембранное перекрытие многоэтажного здания. а- план, б- разрез

Опорный контур мембранной панели выполняется из прокатных профилей -двутавров или швеллеров, которые располагаются так, чтобы плоскость наибольшей жёсткости располагалась в вертикальной плоскости. Мембрана крепится или к верхней или нижней полке. Выбор такого конструктивного решения позволяет исключить дополнительные элементы в виде опорного столика. Это уменьшает трудоёмкость изготовления и снижает расход стали на контур. При креплении мембраны к верхней полке габариты перекрытия фактически совпадают с высотой профиля. При креплении к нижней полке строительная высота перекрытия больше на величину прогиба мембраны, однако, такое крепление ведёт к уменьшению изгибающих моментов в вертикальной плоскости контура, что может привести к уменьшению расхода стали на опорный контур. Кроме прокатных профилей возможно выполнение контура из квадратных или прямоугольных труб. В углах перекрытия устанавливаются распорки из того же профиля, что и контур, на расстоянии 600 мм от углов.

Для оценки работоспособности мембранного перекрытия выполнен численный расчёт в геометрически и физически нелинейной постановке панели размерами в плане 6х6 м. Опорный контур запроектирован из швеллера 27п, сталь С345. К верхней полке швеллера крепится мембрана толщиной 1 мм из стали С345. Мембранная панель собирается на уровне земли, а затем устанавливается в проектное положение. Мембрана первоначально плоская, после монтажа на мембрану укладывается слой бетона В25 толщиной от 50 до 150 мм. Мембранное перекрытие опирается на колонны по углам.

На покрытие действует собственный вес мембранной панели и бетона. Вес стальных конструкций учтён программно. Вес бетона задан в предположении средней толщины бетонной плиты 145 мм, расчётная нагрузка от веса бетона 4 кПа. После набора прочности бетона на перекрытие прикладывается вес перегородок и пола (расчётная нагрузка 1.1 кПа) и расчётная полезная нагрузка 2.4 кПа.

Расчёт перекрытия выполнен с применением вычислительного комплекса Лира- САПР 2018 в геометрически и физически нелинейной постановке с использованием системы «Монтаж». На рис.4 показана расчётная схема мембранного перекрытия. С учётом симметрии системы в расчётную схему включена четверть перекрытия с наложением соответствующих связей по осям симметрии.

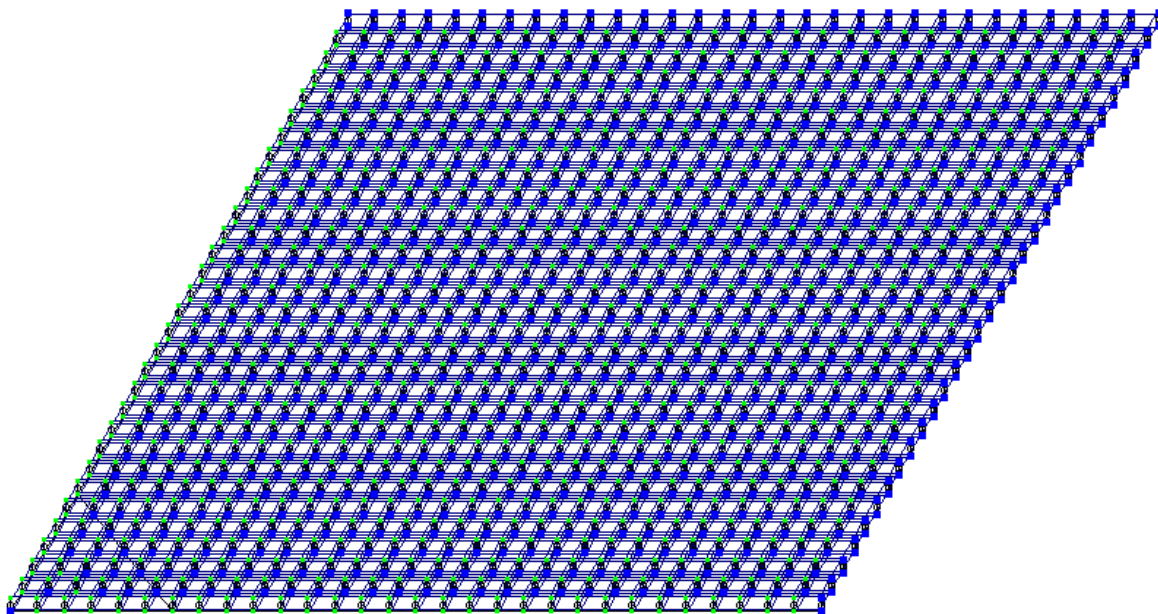


Рис.4. Расчётная схема мембранного покрытия

Мембранные покрытия на прямоугольном плане обычно опираются на вертикальные несущие конструкции по контуру. Предлагается конструкция, в которой мембранное покрытие квадратное в плане размерами 18x18, 24x24 и 30x30 м опирается на четыре колонны, расположенные на расстоянии 6 м от углов покрытия. Опорный контур покрытия в этом случае выполняется из прокатного или сварного двутавра. В углах покрытия установлены распорки из того же профиля на расстоянии 1/10 пролёта от углов. Мембрана толщиной 2-3 мм крепится к верхней или нижней полке. По мембране устраивается утепление и кровля. Водоотвод с покрытия внутренний по системе водоотводных воронок. На рис.5 показано мембранное покрытие с опиранием на колонны мембранной.

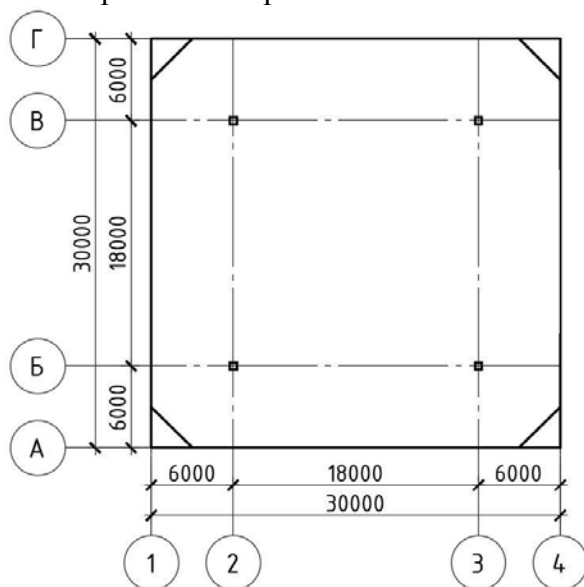


Рис.5. Мембранное покрытие с опиранием покрытия на колонны мембранной

Работа мембранного покрытия при опирании на колонны непосредственно мембраной численно исследована на примере покрытия размерами 30x30 м. Опорный контур 80Ш2 по СТО АСЧМ 20-93 из стали С345. Мембрана из стали С390 толщиной 2 мм, в районе колонн на участке 6x6 м толщина мембраны увеличена до 6 мм.

На мембранное покрытие действует собственный вес покрытия, который определяется программно. Постоянная нагрузка от веса утеплителя и кровли 0.353 кПа. Расчётная снеговая нагрузка на покрытие 2.47 кПа.

Опорный контур моделируется стержневыми конечными элементами. Мембрана и бетонная плита конечными элементами оболочки. У мембраны конечные элементы оболочки работают в упругой стадии, бетонная плита моделируется, как физически нелинейная оболочка. Расчёт мембраны выполнен вычислительным комплексом Лира-САПР 2018 в геометрически нелинейной постановке. На рис.6 показана расчётная схема мембранного покрытия.

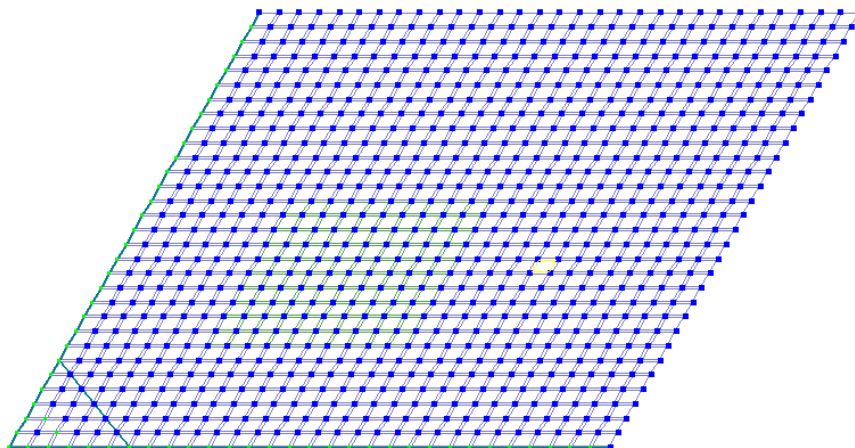


Рис.6. Расчётная схема мембранного покрытия

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис.7 представлены прогибы мембранного перекрытия после загрузки перекрытия полной нагрузкой.

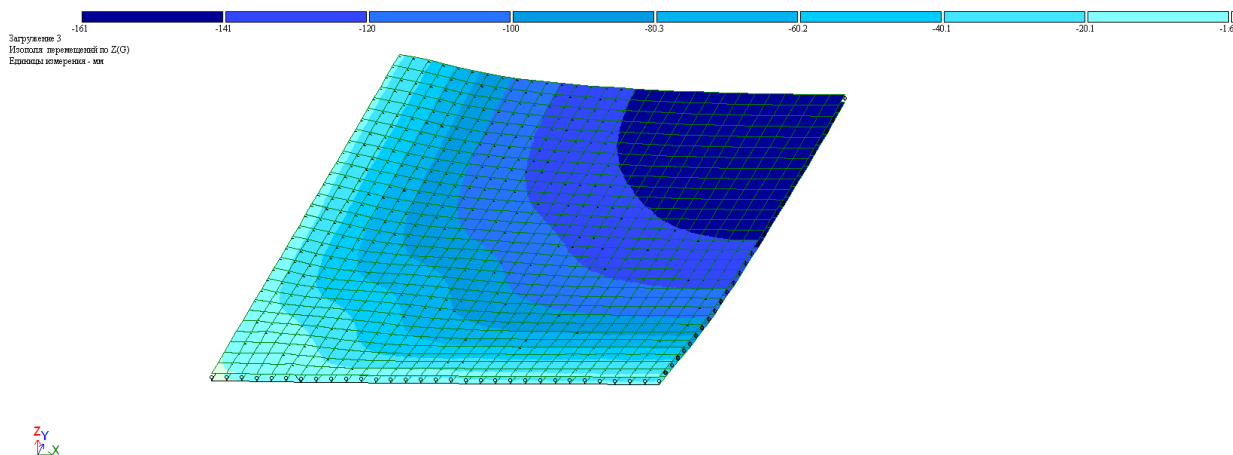


Рис.7. Прогибы мембранного перекрытия от полной нагрузки

Максимальные прогибы перекрытия от полной расчётной нагрузки составляют 161 мм. Суммарные перемещения от собственного веса и веса монолитного бетона составляют 146 мм. Таким образом перемещения от временной нагрузки составляют 15 мм. Жесткость перекрытия обеспечена.

На рис.8 показаны эквивалентные напряжения в мембране перекрытия и результаты проверки несущей способности опорного контура.

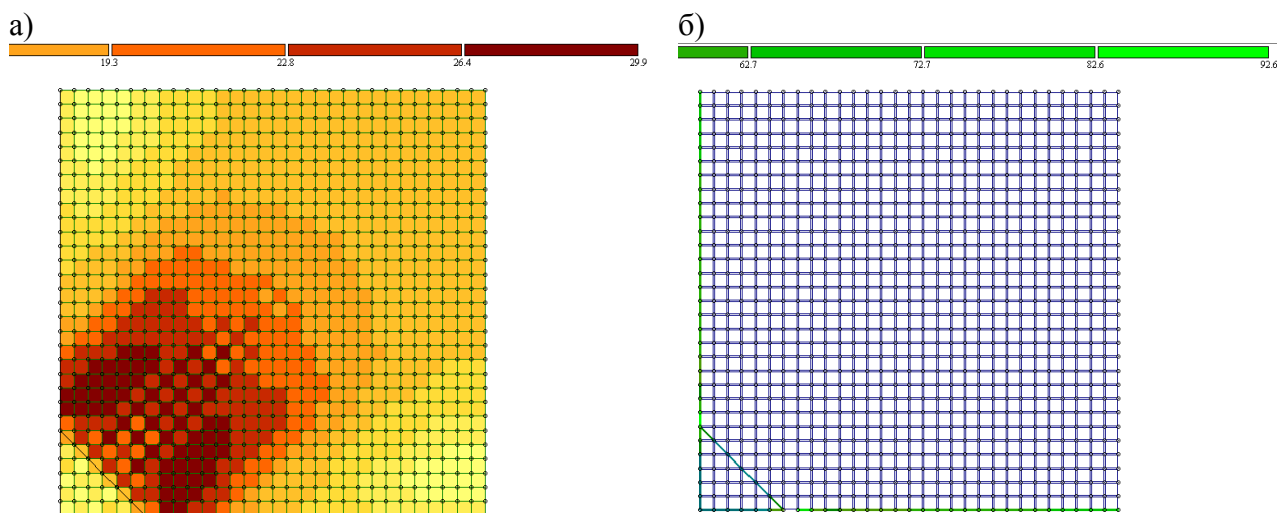


Рис.8. Результаты расчёта мембранного перекрытия:
 а) приведённые напряжения в мембране;
 б) результаты проверки несущей способности контура

Напряжения в мембране составляют 29.9 кН/см^2 , что меньше расчётного сопротивления стали С345, равного 33 кН/см^2 . Прочность и устойчивость опорного контура обеспечены.

На рис.9 представлены перемещения мембранного покрытия с непосредственным опиранием на колонны мембраной.

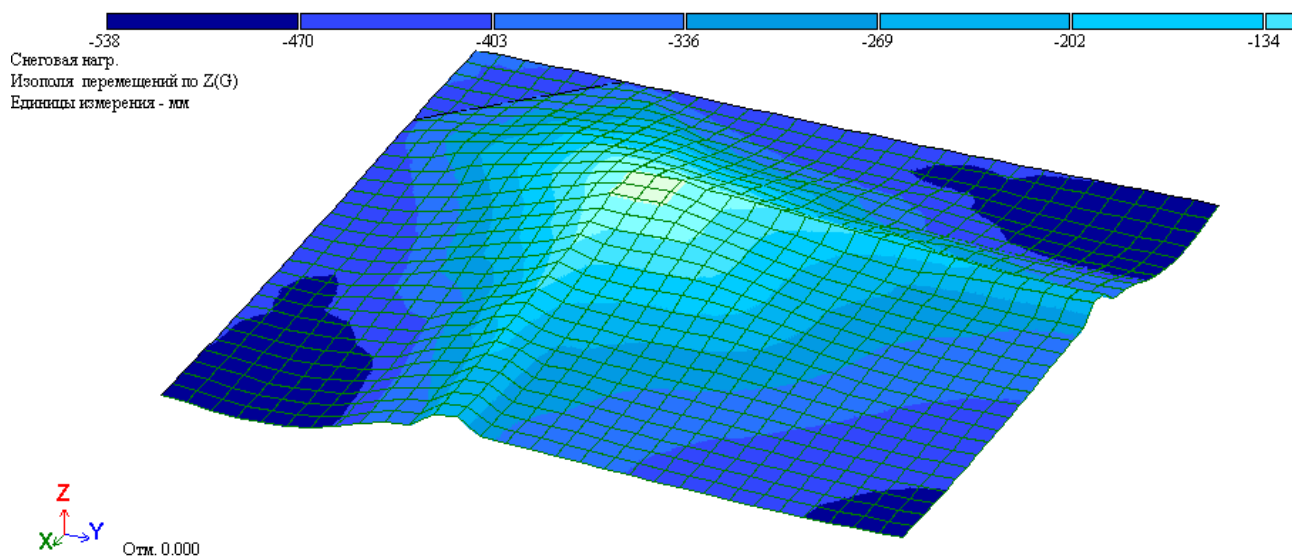


Рис.9. Прогибы мембранного покрытия с опиранием мембраны на колонны от полной расчётной нагрузки

Максимальные прогибы 537 мм от полной расчётной нагрузки имеет мембрана по оси симметрии на расстоянии 2 м от контура покрытия составляют, прогибы центра мембраны составляют при этом 483 мм. От постоянной нагрузки прогибы мембраны у опорного контура составляют 321 мм, в центре мембраны 270 мм. Таким образом, от снеговой нагрузки прогибы составляют не более 54 мм или $1/555$ пролёта, что свидетельствует о достаточной жёсткости покрытия после формирования его очертания от действия постоянной нагрузки.

На рис.10 показаны эквивалентные напряжения в мембране покрытия и результаты проверки несущей способности опорного контура.

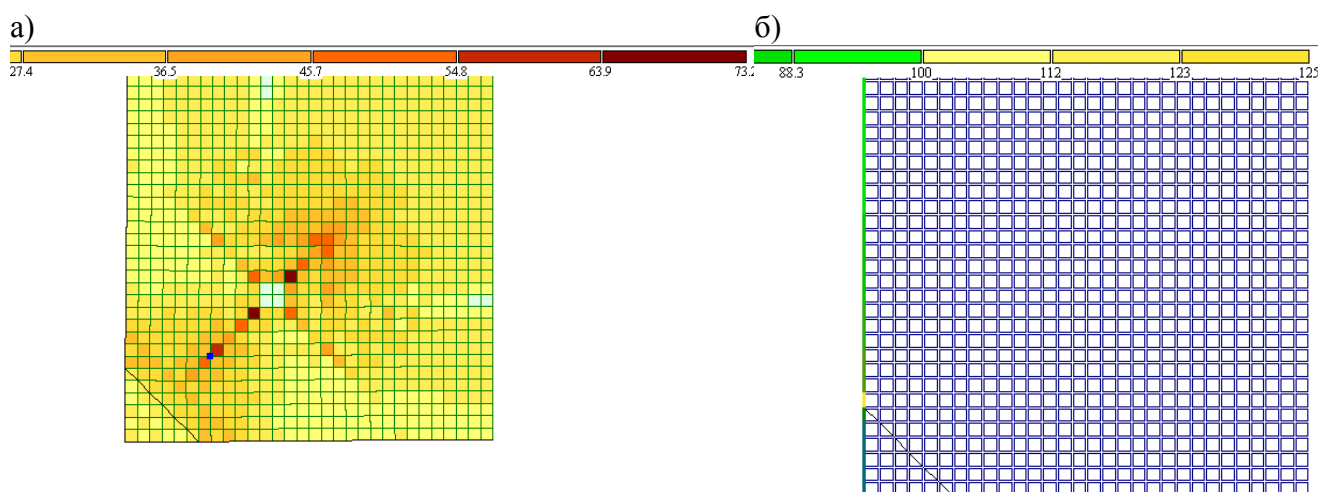


Рис.10. Результаты расчёта мембранного покрытия с опиранием мембраны на колонны
 а) приведённые напряжения в мембране;
 б) результаты проверки несущей способности контура

Напряжения в мембране на большей части покрытия составляют до 36.5 кН/см^2 и не превышают расчётного сопротивления стали С390, равного 37 кН/см^2 . Однако в районе внутренних опор приведённые напряжения достигают 73.2 кН/см^2 , что требует в дальнейшем разработки узлов опирания покрытия на внутренние колонны, обеспечивающих прочность мембраны. Прочность и устойчивость опорного контура обеспечены. Исключение составляют небольшие участки опорного контура у распорок, где для обеспечения прочности следует усилить опорный контур.

ВЫВОДЫ

1. Предложены новые конструктивные решения мембранных конструкций для применения в перекрытиях и покрытиях зданий.
2. На основании проведённых численных расчётов выявлена работоспособность новых типов мембранных конструкций.
3. Установлена достаточная несущая способность и жёсткость мембраны и опорного контура мембранного перекрытия на стадии монтажа, укладки бетона и при действии полной нагрузки.
4. Мембранное покрытие с непосредственным опиранием мембраны на колонны имеет достаточную жёсткость, но требует доработки для обеспечения прочности.
5. Для внедрения в практику проектирования и строительства новых типов мембранных конструкций следует выполнить комплекс экспериментально-теоретических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang Zhi-ming, Song Qi-gen (2002), "Form-finding analysis of tensile membrane structure", Engineering Mechanics, Vol.19(2). pp.41-44.5.
2. Philipp, B., Breitenberger, M., Auria, I.D., Wücher, R., Bletzinger, K.-U. (2016), "Integrated design and analysis of structural membranes using the isogeometric B-Rep analysis", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 303, pp.312-340.
3. Кондратов К.Н., Туснин А.Р. (2012), "Анализ форм складкообразования в мембранных конструкциях с внутренними опорами" Вестник МГСУ, No.11, стр.61-67.
4. Трофимов В.И., Каминский А.М. (2002), Легкие металлические конструкции зданий и сооружений, АСВ, Москва, Россия.
5. Еремеев П.Г. (2006), Пространственные тонколистовые металлические конструкции покрытий. АСВ, Москва, Россия.

6. Дробот Д.Ю., Канчели Н.В., Батов П.А. (2009) Реализованные мембранные оболочки. Расчет, проектирование и возведение, АСВ, Москва, Россия.
7. Bangash M.
8. Y.H., Bangash T. (2003), Elements of Spatial Structures: Analysis and Design, Thomas Telford, London, GB.
9. Gosling P.D., Bridgens B.N., Albrecht A., Alpermann H., Angeler A. i, Barnes M., Bartle N., Canobbio R., Dieringer F, Gellin S., Lewis W.J., Mageau N., Mahadevan R., Marion J.-M., Marsden P., Milligan E., Phang Y.P., Sahlin K, Stimpfle B, Suire O., Uhlemann J. (2013), "Analysis and design of membrane structures: Results of a round robin exercise", Engineering Structures, Vol.48, pp.313-328.
10. Людковский И.Г., Иванов М.А., Пасюта А.В., Филякин А.А. Висячие оболочки покрытий с внешним листовым армированием // На стройках России. – 1987. -№11.- с.7-11.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ОСОБОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Н.В. Федорова¹, В.И. Колчунов^{1,2}, Р.А. Жарков³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

²ЮЗГУ, 305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94,
uzskursk@mail.ru

³ООО «Первый ДСК», г. Москва, 3-й Хорошевский проезд, д. 3, эт. 2, пом. 1, ком. 6., 123007,
r-zh-engineer@yandex.ru

Аннотация

Принятая в России нормативно-техническая база нового поколения устанавливает требования к проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. При решении этой задачи анализ ряда расчетных ситуаций требует отдельного рассмотрения способов учета динамических эффектов, возникающих в конструктивной системе при воздействиях, вызванных мгновенным удалением из конструктивной системы одного из несущих элементов. В статье представлены некоторые результаты численных исследований анализа влияния динамического эффекта, возникающего при мгновенном удалении несущего элемента из конструктивной системы из железобетона на величину и характер распределение силовых потоков в такой системе после такого воздействия. Проведенный расчет, с использованием ПК «ЛИРА-САПР» в квазистатической и динамической постановках, с использованием первичной и вторичной расчетных схем на примере здания гражданского назначения, позволил провести сравнительный анализ динамического эффекта, вызванного в одном случае мгновенным, высокоскоростным удалением несущего элемента, а в другом – постепенным, статическим выключением его из работы и дать оценку влияния учета рассматриваемого динамического эффекта.

ВВЕДЕНИЕ

Проблеме защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в последние годы посвящено значительное число научных исследований в России и за рубежом, в их числе можно отметить, например, работы [1-5 и др.]. С появлением нормативного документа по проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения [6] задача обеспечения живучести конструктивных систем поставила необходимость решения новые актуальных вопросов, касающихся конструктивных решений узлов каркасов железобетонных зданий, анализа возникающих в системе эффектов при приложении особого аварийного воздействия, влияния топологии конструктивной системы на параметры живучести конструктивной системы, критериальный анализ параметров напряженно-деформированного состояния и ряд других. Анализ отечественных и некоторых зарубежных исследований и нормативной документации [3,5-9] показал, что при решении практических задач принятие решения о реализации тех или иных конструктивных мероприятий остается а проектировщиком, который в большинстве случаев, учитывая недостаточно детализированные положения нормативных документов, вынужден идти на чрезмерное увеличение запаса прочности ответственных конструктивных элементов с целью недопущения их разрушения при наступлении особой расчетной ситуации. Анализ предлагаемых для расчетного анализа методов показывает, что для этих целей рекомендовано два основных подхода к расчету несущей конструктивной системы на особое воздействие [6]: расчет кинематическим методом теории предельного равновесия и расчет в статической постановке.

Важной и новой практической задачей при рассмотрении напряженно-деформированного состояния конструкций при выключении из работы какого либо элемента

становится анализ изменения силовых потоков и возможных разрушений локальных зон в квазидинамической постановке, когда во вторичной расчетной схеме учитывается реакция определяемая расчетом по первичной расчетной схеме и прикладывается с обратным знаком, позволяющая таким образом учитывать высокоскоростное удаление одного из несущих элементов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе сформулированная задача решена применительно к железобетонному каркасу 22-х этажного здания гражданского назначения с железобетонной каркасной конструктивной системой и сеткой колонн 5800 на 6500 мм. Здание запроектировано из бетона класса В25, процент армирования плит перекрытий принят 2,3%, ригелей – 2,5%, колонн – 3%. Здание симметричное в плане и учитывая почти квадратную регулярную сетку колонн, для расчетного анализа авторы ограничились рассмотрением трех вариантов вторичной расчетной схемы и соответственно локальных повреждений, соответствующих таким схемам (рисунок 1).

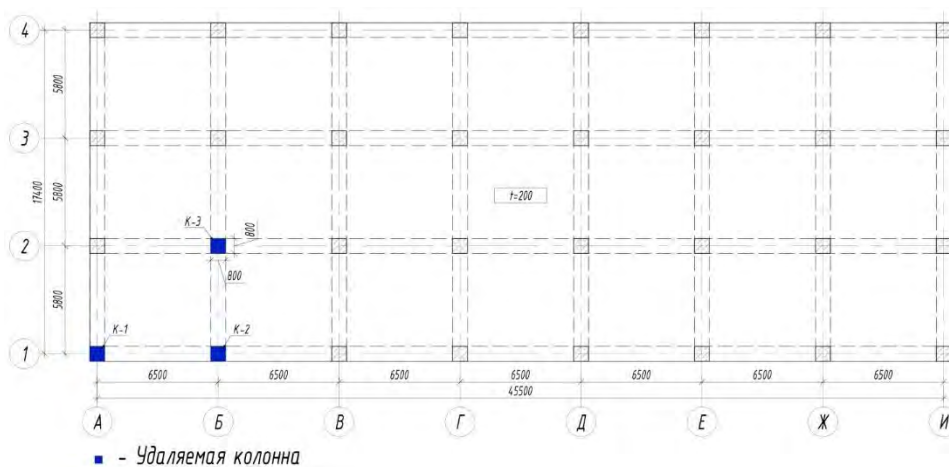


Рис. 1. Схема плана первого этажа каркаса здания с указанием удаляемых колонн

Особое воздействие в ПК «Лира-САПР» моделировалось, двумя вариантами вторичной расчетной схемы: в первом варианте статическим удалением вертикального несущего элемента одной из колонн первого этажа каркаса здания (случай 1), во втором – внезапным (высокоскоростным) выключением из работы каркаса колонны первого этажа (случай 2). При этом учет динамического эффекта моделировался воздействием усилия, определенного в этом элементе при расчете по первичной расчетной схеме, и прикладываемым во вторичной расчетной схеме с обратным знаком.

В модели в квазистатической постановке несущий элемент был удален с помощью системы «Монтаж», в динамической постановке при этом добавлена реакция с обратным знаком в верхнем узле примыкания удаляемого элемента.

По результатам расчета было установлено, что наиболее опасной схемой с точки зрения оценки принятых в [6] критериев оценки особого предельного состояния, является расчетная схема с расположением удаляемого элемента в углу здания (рисунок 2).

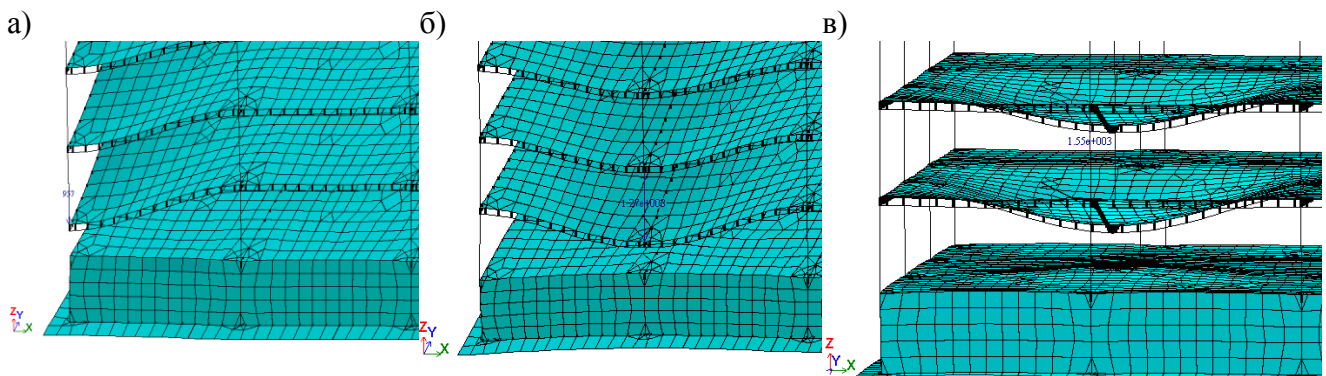


Рис. 2 Общий вид деформированного фрагмента каркаса здания:
 а – при удалении К1, б – при удалении К2, в – при удалении К3

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный сравнительный анализ результатов расчета позволяет отметить следующее. Армирование конструкций железобетонного каркаса, запроектированное по случаю 1 является недостаточным для восприятия усилий, возникающих при возникновении высокоскоростного особого воздействия. Интенсивность требуемого армирования в рассматриваемом вырастает расчетной схемы до 4 раз (рисунок 3).

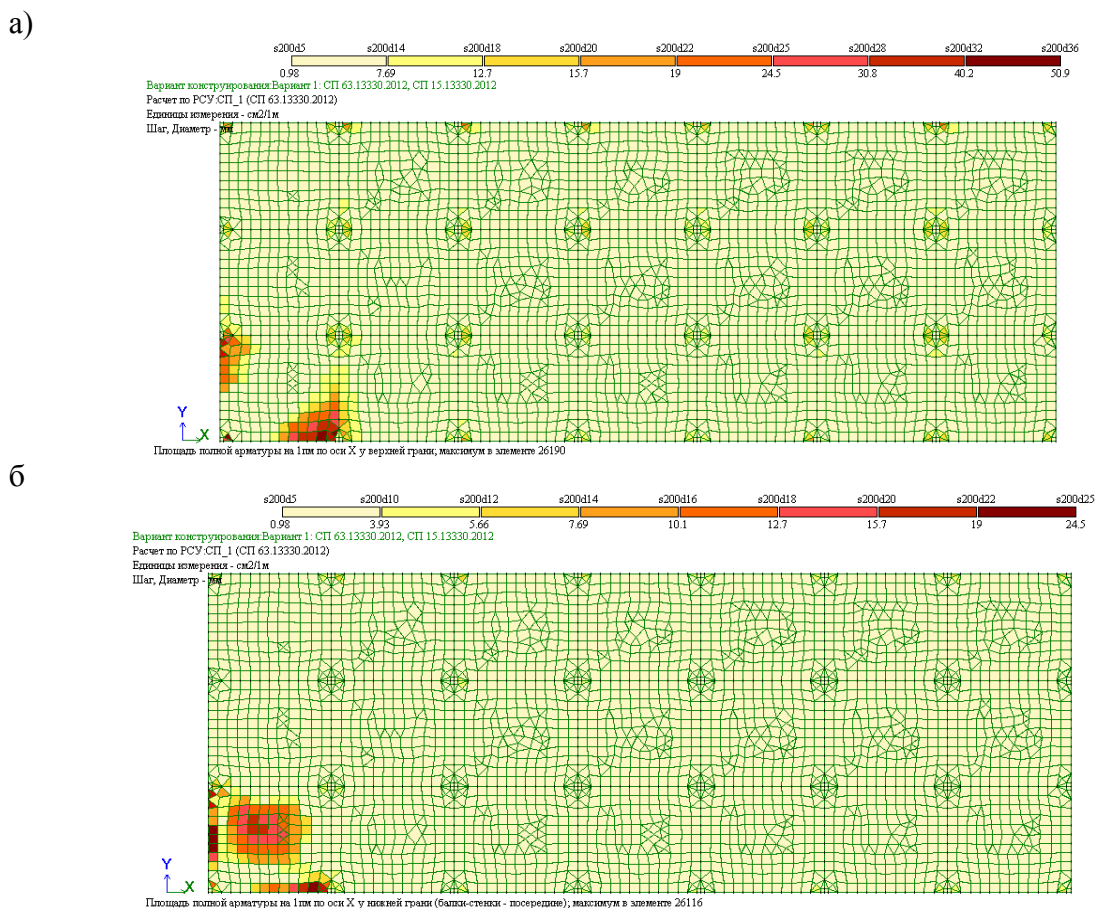


Рис. 3 Мозаика требуемого армирования во вторичных расчетных схемах:
 а-расчет на схеме первого случая; б-то же по второй схеме

Как можно видеть видно по эпюре вертикальных перемещений (рисунок 4) в расчетной схеме по случаю 2, учитывающую динамический характер особого воздействия, конструктивная система удовлетворяет требованиям [6] в части предельных перемещений.

Превышение этих перемещений по сравнению с перемещениями, полученными по случаю 1 составило $K_{дин} = 2,09$.

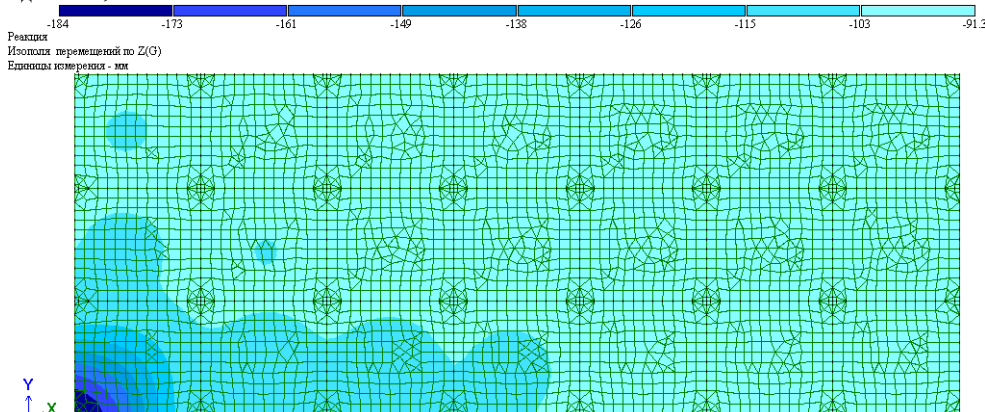


Рис. 4. Эпюра вертикальных перемещений в расчетной схеме по случаю 2

Характер выключения элемента – медленно или мгновенно – решающим образом влияет на значение перераспределенных усилий, возникающих в конструктивной системе при рассматриваемом особом воздействии.

ВЫВОДЫ

Расчетный анализ влияния учета динамического эффекта в конструктивной системе при особом воздействии с использованием ПК «ЛИРА-САПР», позволил дать количественную оценку влияния этого эффекта на характер и количественные значения изменяемых силовых потоков в каркасе здания при таком воздействии. Из этого следует что в нормативных документах [6,10] должны быть конкретизированы требования к вторичной расчетной схеме, определяющие режимы таких воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Экспозиция живучести железобетона// Известия ВУЗов. Строительство. 2007. -№5. -С. 4-8.
2. Travush, V.I., Fedorova, N.V. (2018). Survivability of structural systems of buildings with special effects. [Живучесть конструктивных систем сооружений при особых воздействиях] Magazine of Civil Engineering, 81(5). Pp. 73–80.
3. Кабанцев О.В., Тамразян А.Г. Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции//Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5(49). С. 15-26. DOI: 10.5862/MCE.49.2.
4. Hou Jian, Ph.D.; and Yang Zheng, Ph.D. Simplified Models of Progressive Collapse Response and Progressive Collapse-Resisting Capacity Curve of RC Beam-Column Substructures [Упрощение моделей прогрессирующего обрушения и сопротивление прогрессирующему обрушению]//American Society of Civil Engineers. – 2014. – Pp 1-7.
5. Колчунов В.И., Андросова Н.Б., Ключева Н.В., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. - Москва: АСВ, 2014.
6. СП 385.1325800.2018 "Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения"[Электронный ресурс]. - <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=STR&n=22921&req=doc#08807984932306174> дата обращения 15.09.2020.
7. Code of practice for structural use of concrete [Книга]. - [б.м.]: Buildings Department Hong Kong, 2013.
8. UFC 4-023-03 Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse [Книга]. - [б.м.]: Department of Defense USA, 2005.
9. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В., Шапиро Г.И., and Гасанов А.А., Academia. Архитектура и Строительство (2016)
10. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия / 96.1325800.2017. СП, М.: Стандартинформ, 2017. 23 с.

ИЗГИБ ГИБКИХ ПЛАСТИН ПРИ ДЕЙСТВИИ КУСОЧНО-ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКИ

В.В. Филатов, Н.К. Дао

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, FilatovVV@mgsu.ru

Аннотация

Пластины и оболочки широко используются в современной инженерной практике. При перемещениях сравнимых с толщиной пластины такую пластину условно называют гибкой, при расчете которой наряду с чисто изгибными напряжениями необходимо учитывать напряжения, равномерно распределенные по толщине пластинки и называемые мембранными. Ввиду сложности получения аналитического решения подобных задач, целью данной работы является построение численной методики расчета квадратных пластин в геометрически нелинейной постановке при действии поперечной кусочно-постоянной нагрузки. Для достижения поставленной цели предложена численная методика, основанная на использовании разностных уравнений метода последовательных аппроксимаций (МПА), позволяющих учитывать разрывы искомой функции, ее первых производных и правой части исходного дифференциального уравнения. МПА зарекомендовал себя как эффективный и высокоточный метод при расчете балок, пластин и оболочек на статические и динамические нагрузки, при расчетах на устойчивость.

В статье изложен алгоритм расчета, на базе которого составлена программа для ЭВМ. Приведен пример расчета квадратной защемленной гибкой пластины, половина площади которой загружена распределенной нагрузкой одной интенсивности, а вторая половина – другой интенсивности. Исследована сходимость численного решения на нескольких вложенных одна в другую сетках.

Вышеописанная методика может быть предложена для внедрения в практику проектных организаций и в учебный процесс высших учебных заведений строительного профиля.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое распространение тонкостенных конструкций в машиностроении и большепролетных конструкций в строительстве обуславливают необходимость проведения расчетов по определению напряженно-деформированного состояния указанных выше конструкций в геометрически нелинейной постановке. Расчет таких конструкций с учетом больших прогибов, т.е. в геометрически нелинейной постановке, может быть выполнен с использованием предлагаемой ниже методики. В работах [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], представлены теории расчета, аналитические и численные методы решения геометрически нелинейных задач строительной механики. Расчетам таких задач методом конечных элементов посвящены статьи [9], [10]. В статьях [11], [12] используются приближенный метод.

ТЕОРИЯ

Расчёт прямоугольных гибких пластин, работающих на поперечную нагрузку [1], сводится к решению двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных четвёртого порядка, сформулированных относительно прогибов w и функции напряжений Φ .

Исходя из уравнений (1.60'), (1.61') и (1.62) Вольмира [1], запишем дифференциальные уравнения в виде:

$$\frac{D}{H} C^2 C^2 w = \frac{\Phi^2 F}{\Phi y^2} \frac{\Phi^2 w}{\Phi x^2} + \frac{\Phi^2 F}{\Phi x^2} \frac{\Phi^2 w}{\Phi y^2} - 2 \frac{\Phi^2 F}{\Phi x \Phi y} \frac{\Phi^2 w}{\Phi x \Phi y} + \frac{1}{H} q; \quad (1)$$

$$\frac{1}{E} C^2 C^2 F = - \frac{1}{2} \frac{\nabla^2 w}{\nabla^2 y^2} + \frac{\nabla^2 w}{\nabla^2 x^2} - 2 \frac{\nabla^2 w}{\nabla^2 x \nabla^2 y} \quad (2)$$

где H – толщина пластинки;
 D – цилиндрическая жёсткость;
 q – интенсивность поперечной нагрузки, распределённой по заданному закону;
 E – модуль упругости;
 x, y – координаты.

С использованием (1) и (2) в [13] был построен алгоритм расчета пластин в геометрически нелинейной постановке на базе обобщенных уравнений МКР. В настоящей статье выполняется та же процедура с помощью разностных уравнений МПА [14].

Вводим безразмерные параметры:

$$\xi = \frac{x}{a}; \eta = \frac{y}{a}; \bar{\nabla} = a^2 \nabla; \bar{q} = \frac{q \cdot a^3}{D}; \bar{\psi} = \frac{\Phi H}{D}; \bar{w} = \frac{w}{a}, \quad (3)$$

где: a – длина стороны пластинки.

После преобразований (1) и (2) получим:

$$\bar{C}^2 \bar{C}^2 \bar{w} = \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 h^2} \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x^2} + \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 x^2} \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 h^2} - 2 \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} + \bar{q}; \quad (4)$$

$$\bar{C}^2 \bar{C}^2 \bar{y} = - k \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x^2} \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 h^2} - \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} \quad (5)$$

где: $k = \frac{E H a^2}{D}$.

Внесем обозначения:

$$\bar{C}^2 \bar{w} = - m; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x^2} = l; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 h^2} = n; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} = t. \quad (6)$$

$$\bar{C}^2 \bar{y} = - f; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 x^2} = b; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 h^2} = c; \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 x \bar{\nabla}^2 h} = d. \quad (7)$$

С учётом (6) и (7) уравнения (4) и (5) запишем так:

$$\bar{C}^2 m = - (cl + bn - 2dt) - \bar{q}. \quad (8)$$

$$\bar{C}^2 f = k(nl - t^2). \quad (9)$$

Тогда алгоритм сводится к совместному решению следующих дифференциальных уравнений,

$$\frac{\bar{\nabla}^2 m}{\bar{\nabla}^2 x^2} + \frac{\bar{\nabla}^2 m}{\bar{\nabla}^2 h^2} = - g. \quad (10)$$

$$g = l + \bar{q}. \quad (11)$$

$$\frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 x^2} + \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{w}}{\bar{\nabla}^2 h^2} = - m. \quad (12)$$

$$\frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 x^2} + \frac{\bar{\nabla}^2 \bar{y}}{\bar{\nabla}^2 h^2} = - f. \quad (13)$$

$$\frac{\bar{\nabla}^2 f}{\bar{\nabla}^2 x^2} + \frac{\bar{\nabla}^2 f}{\bar{\nabla}^2 h^2} = a. \quad (14)$$

где: $l = cl + bn - 2dt. \quad (15)$

$$a = k(nl - t^2). \quad (16)$$

Решение поставленной выше задачи описывается следующей схемой:

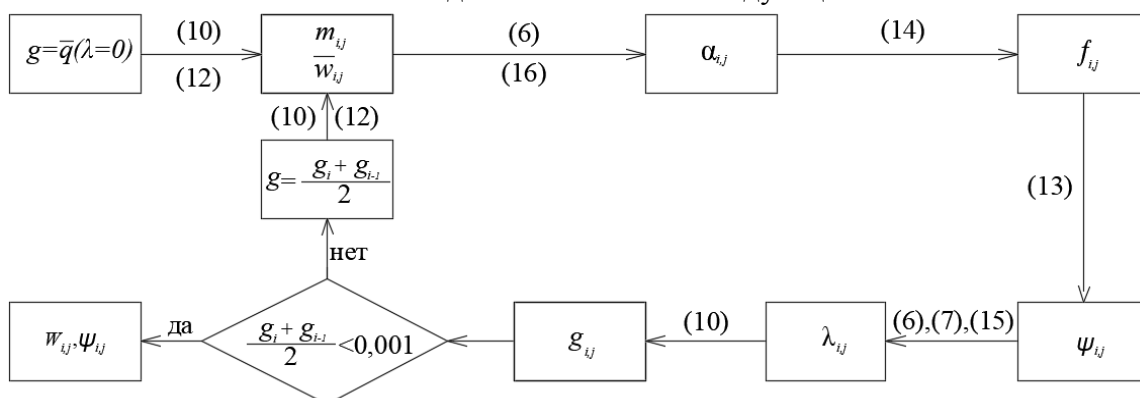


Рис. 1. Блок- схема программы расчета пластинки с учетом геометрически нелинейности при использовании разностных уравнений МПА

где g_i - последнее значение g ;

g_{i-1} - предпоследнее.

Для решения уравнений (10) запишем разностные уравнения МПА при отсутствии всех разрывов по [14]:

Для внутренних точек:

$$m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + 4m_{i,j-1} - 20m_{ij} + 4m_{i,j+1} + m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} = -6h^2 \cdot p_{ij}. \quad (17)$$

Поскольку дифференциальные уравнения (12), (13) и (14) однотипные, для их аппроксимаций используется один и тот же разностный шаблон при отсутствии всех разрывов МПА [14]:

Для внутренних точек:

$$w_{i-1,j-1} + 4w_{i-1,j} + w_{i-1,j+1} + 4w_{i,j-1} - 20w_{ij} + 4w_{i,j+1} + w_{i+1,j-1} + 4w_{i+1,j} + w_{i+1,j+1} = -\frac{h^2}{12} (m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + 4m_{i,j-1} + 52m_{ij} + 4m_{i,j+1} + m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1}). \quad (18)$$

Для краевых точек:

$$4w_{i-1,j} + 2w_{i-1,j+1} - 12hw_{ij}^n - 20w_{ij} + 8w_{i,j+1} + 4w_{i+1,j} + 2w_{i+1,j+1} = -\frac{h^2}{24} (5m_{i-1,j} + 8m_{i-1,j+1} - m_{i-1,j+2} + 74m_{ij} + 56m_{i,j+1} - 10m_{i,j+2} + 5m_{i+1,j} + 8m_{i+1,j+1} - m_{i-1,j+2}). \quad (19)$$

При найденных \bar{w} и y можно определить все прочие соответствующие решению [1] величины.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Рассмотрим пример расчета квадратной защемленной гибкой пластины, половина площади которой загружена распределенной нагрузкой одной интенсивности, а вторая половина – другой интенсивности (рисунок 2).

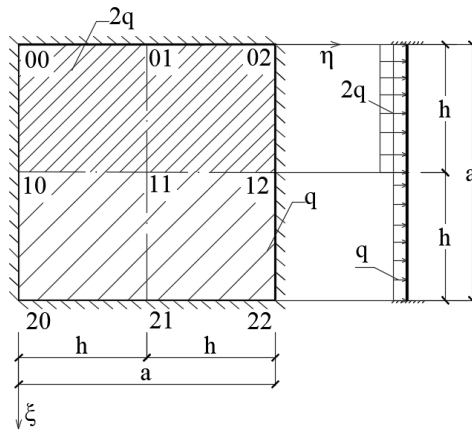
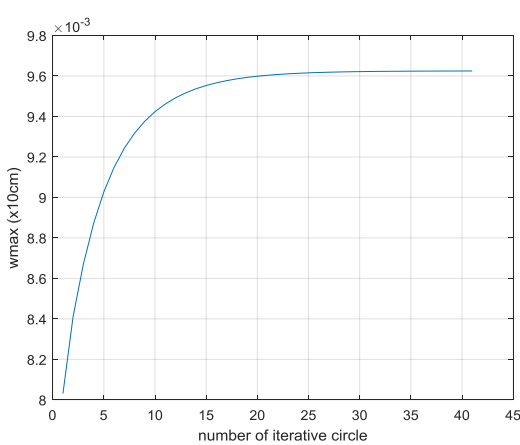


Рис.2. Квадратная защемленная гибкая пластина.

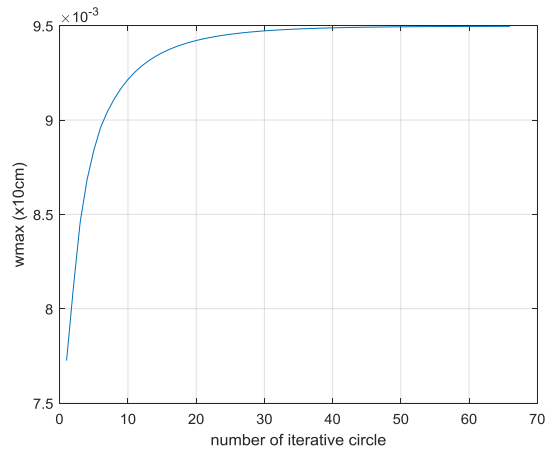
Толщина пластинки $H = 0,1$ см, сторона $a = 10$ см, нагрузка $q = 0,5$ кг/см², $E = 0,75 \cdot 10^6$ кг/см² и $\mu = 0,316$.

Таблица 1. Прогиб точки 11 при разных шагах

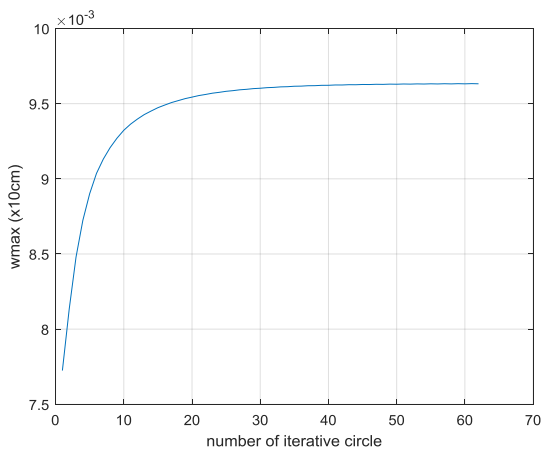
h	$h = 1/4$	$h = 1/8$	$h = 1/16$	$h = 1/32$
Номер цикла итерации	41	66	62	66
Прогиб точки 11 (см)	0,0962	0,095	0,0963	0,0969



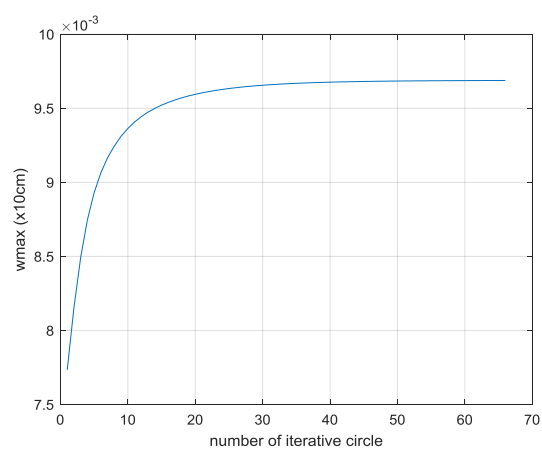
a)



b)



c)



d)

Рис. 3. Графики изменения прогиба точки 11 по номеру цикла итерации при шагах:

a) $h = 1/4$; b) $h = 1/8$; c) $h = 1/16$; d) $h = 1/32$

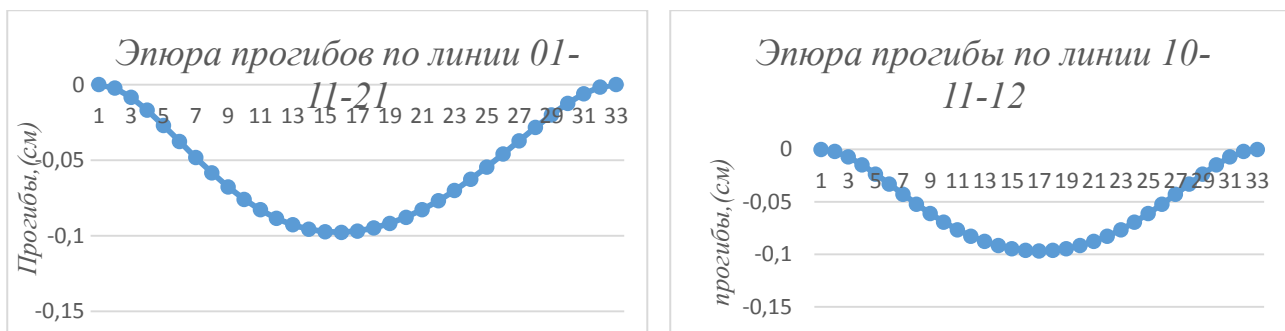


Рис. 4. Эпюры прогибов по линиям при шаге $h = 1/32$

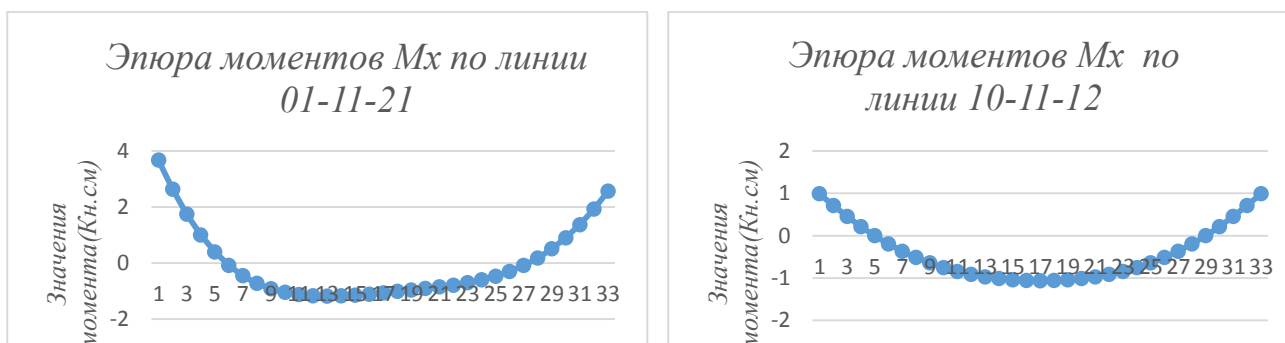


Рис. 5. Эпюры моментов по линиям при шаге $h = 1/32$

4. ВЫВОД

Предложенная методика может быть рекомендована для использования в практике проектных организаций и в учебном процессе высших учебных заведений строительного и машиностроительного профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольмир А.С. Гибкие пластинки и оболочки. // Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956.
2. Тимошенко С.П, Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. // Москва: Государственное издательство физико-математикой литературы, 1963.
3. Смирнов В.А. Изгиб ортотропной пластины при действии поперечной и продольной нагрузок. // Исследования по теории сооружений, вып XIX, М.: Госстройиздат, 1972, с. 54-69..
4. Корнишин М.С. Нелинейные задачи теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. // Москва: Наука, 1964.
5. Pica. A. Geometrically nonlinear Analysis of Mindlin plates by finite elementmethod. // University of Wales, Swansea, U.K.C/M/132/78 (Mar. 1978), 24».
6. Melliere, R.A. A finite element method for geometrically nonlinear large displacement problems in thin elastic plates and shells. // Mechanical engineering, University of Missouri – Rolla : USA (1969), 104.
7. Murry D.W, Wilson E.L. Thin Plates and Shells Theory, Analysis Structural Mechanics Sixth edition. // New York: Elsevier, 2005, 459.
8. Дедов Н.И, Исуткина В.Н. Упругопластическоу деформирование геометрически нелинейных пластин и пологих оболочек. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. №4(2), pp. 191-196, 2018.
9. Wang. D, El-Sheikh. A.I. Large-deflection mathematical analysis of rectangular plates. // Journal of Engineering Mechanics, Vol 131, Issue 8, 2005, pp 809-821.
10. Sulaiman Abo Diab, Ibraheem Hassn. Geometrical nonlinear analysis of thin plates using modified finite element method. // Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering SciencesVol. (93) No. (4), pp.175-195, 2017.

11. Рогалевич В.В, Тимашев С.А. Эффективный приближенный метод расчета гибких пластин. // АКАДЕМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, т. 3, pp. 60-65, 2012.
12. Bakker, MCM, Rosmanit, M, Hofmeyer, H. Approximate large deflection analysis of simply supported rectangular plates under transverse loading using late post-buckling solution. // Struct, Design, 46(11), 2008, 1224-1235.
13. Uvarova Natalia, Gabbasov Radek. Calculation of plate in geometrically nonlinear setting with the use of generalized equations of finite difference method. // MATEC Webs of Conferences, т. 196, 2018.
14. Габбасов Р.Ф, Габбасов А.Р, Филатов В.В. Численное построение разрывных решений задач строительной механики. // Москва: Изд-во АСВ, 2008.

РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК ПО ТЕОРИИ СОСТАВНЫХ СТЕРЖНЕЙ А.Р. РЖАНИЦЫНА

В.В. Филатов, Тхи Линь Куен Хоанг

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, FilatovVV@mgsu.ru

Аннотация

В данной статье разностная форма МПА применяется к расчету трехслойных составных многопролетных балок. Такой подход позволяет учитывать: различные виды краевых условий без использования законтурных точек; различные свойства слоев; в качестве нагрузок сосредоточенные силы, моменты, кусочно-распределенные нагрузки; произвольное количество и размеры пролетов.

В статье изложен алгоритм расчета. Приведены типовые разностные уравнения для регулярных и краевых точек. Предлагаемый подход проиллюстрирован решением тестовых примеров. Качество получаемых результатов контролируется численным исследованием сходимости решения.

Вышеописанная методика может быть предложена для внедрения в практику проектных организаций и в учебный процесс высших учебных заведений строительного профиля.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование и применение в практике современного строительства трехслойных ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем, клееных деревянных балок обуславливает необходимость развития методов расчета конструкций с учетом совместной работы всех слоев. При всем многообразии расчетных моделей многослойных конструкций они являются достаточно сложными для использования в инженерной практике. Выгодно выделяется среди этих моделей, модель составного стержня по теории составных стержней Алексея Руфовича Ржаницына. Однако аналитические решения в рамках указанной модели получены для ограниченного круга задач.

Модель составного стержня [1] нашла достаточно широкое применение при расчете строительных конструкций. Она используется при моделировании работы: многослойных деревянных, железобетонных конструкций, перфорированных металлических балок, каркасов зданий и сооружений. Не претендуя на полноту обзора, сошлемся на несколько работ, опубликованных в последние годы, где теория А.Р. Ржаницына была использована при расчете железобетонных [3], [4], [5], [6], стальных [7],[8],[9] и деревянных конструкций [10],[11].

К решению поставленных задач представляется целесообразным применить численный метод последовательных аппроксимаций (МПА), обладающий высокой точностью и хорошо приспособленный к решению систем дифференциальных уравнений второго порядка, к каковым сводится теория составных стержней и пластин. МПА зарекомендовал себя как эффективный и высокоточный метод при расчете балок, пластин и оболочек на статические и динамические нагрузки, при расчетах на устойчивость.

Численная методика расчета многослойных составных стержней по теории [1] с привлечением разностных уравнений метода последовательных аппроксимаций (МПА) [2] приведена в [12]. Здесь покажем применение этой методики к расчету на действие статических нагрузок трехслойных многопролетных неразрезных балок.

ТЕОРИЯ

Будем считать, что балка состоит из трех слоев, в общем случае характеристики которых могут отличаться друг от друга. Напряженно деформированное состояние такой балки по [1] при действии поперечных нагрузок может быть определено решением системы четырех

обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, два из которых записаны относительно сдвигающих усилий в швах составной конструкции T_i и оставшиеся два относительно прогиба y и изгибающего момента M_0 . При этом считаем, что значение M_0 определяется как сумма значений изгибающих моментов в слоях составного сечения, а прогибы соответствующих сечений слоев одинаковы за счет абсолютной жесткости поперечных связей, объединяющих слои в пакет.

Исходя из уравнений (5.18), (5.8), (5.6) [1], запишем дифференциальные уравнения в виде:

$$\begin{cases} \frac{1}{x_1} \frac{d^2 T_1}{dx^2} - D_{11} T_1 - D_{12} T_2 = D_{10}; \\ \frac{1}{x_2} \frac{d^2 T_2}{dx^2} - D_{21} T_1 - D_{22} T_2 = D_{20}; \\ \frac{d^2 y}{dx^2} = - \frac{M}{S EI}; \\ \frac{d^2 M_0}{dx^2} = - q; \end{cases} \quad (1)$$

где:

$$M = M_0 - T_1 \cdot c_1 - T_2 \cdot c_2. \quad (2)$$

коэффициенты $D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}$ и свободные члены D_{10}, D_{20} определяются по (5.14) [1].

x_1, x_2 - коэффициенты жесткости шва;

q - распределенная нагрузка ;

M_0 - суммарный изгибающий момент в сечении составного стержня от действия внешней нагрузки без учета усилий, передающихся от поперечных связей и связей сдвига;

M - суммарный изгибающий момент

c_1, c_2 - расстояния между центрами тяжести сечений двух стержней 1 и 2, 2 и 3 соответственно (рис1);

T_1, T_2 - суммарные сдвигающие усилия в швах 1, 2, накапливаемые по длине стержня от его начала до рассматриваемого сечения.

$E_1 I_1, E_2 I_2, E_3 I_3$ - жесткость стержней 1, 2 и 3 на изгиб (рис1);

$E_1 F_1, E_2 F_2, E_3 F_3$ - жесткость стержней 1, 2 и 3 на продольные деформации (рис1);

$S EI$ - сумма жесткостей трех стержней.

Выполним переход к безразмерным величинам используя следующие соотношения:

$$\Psi = \frac{x}{l}; \omega = \frac{y}{l}; m_0 = M^0 \cdot \frac{l}{EI}; t = T \cdot \frac{l^2}{EI}, \quad (3)$$

где l - пролет балки.

Используя (3) систему (1), можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{d^2 t_1}{dY^2} &= \bar{x}_1 \cdot (a \cdot t_1 + b \cdot t_2 - g \cdot m_0); \\
 \frac{d^2 t_2}{dY^2} &= \bar{x}_2 \cdot (b \cdot t_1 + q \cdot t_2 - m \cdot m_0); \\
 \frac{d^2 w}{dY^2} &= -e \cdot m_0 - t_1 \cdot \frac{c_1}{l} - t_2 \cdot \frac{c_2}{l}; \\
 \frac{d^2 m_0}{dY^2} &= -p;
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= x_1 \cdot \frac{l^4}{EI}; a = \frac{1}{E_2 F_2} + \frac{1}{E_1 F_1} + \frac{c_1^2}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \cdot \frac{EI}{l^2}; \\
 b &= \frac{1}{E_2 F_2} + \frac{c_1 \cdot c_2}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \cdot \frac{EI}{l^2}; g = \frac{c_1}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \cdot \frac{EI}{l}; \\
 x_2 &= x_2 \cdot \frac{l^4}{EI}; q = \frac{1}{E_3 F_3} + \frac{1}{E_2 F_2} + \frac{c_2^2}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \cdot \frac{EI}{l^2}; \\
 m &= \frac{c_2}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \cdot \frac{EI}{l}; e = \frac{EI}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3}; p = \frac{l^3}{EI} \cdot q.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Приближенное решение системы уравнений (4) может быть получено с привлечением разностных уравнений (МПА) [2]:

$$\begin{aligned}
 \frac{h^2}{12} x_1 a t_1^{i-1} - 2 \frac{h^2}{12} x_1 a t_1^i + \frac{h^2}{12} x_1 a t_1^{i+1} - \frac{h^2}{12} x_1 b (t_2^{i-1} + 10 t_2^i + t_2^{i+1}) &= \\
 - \frac{h^2}{12} x_1 g m_{i-1}^R + 10 m_i^L + m_{i+1}^L - 5 D m_i - h D m_i' & \\
 \frac{h^2}{12} x_2 b (t_1^{i-1} + 10 t_1^i + t_1^{i+1}) + \frac{h^2}{12} x_2 q t_2^{i-1} - 2 \frac{h^2}{12} x_2 q t_2^i + \frac{h^2}{12} x_2 q t_2^{i+1} &= \\
 - \frac{h^2}{12} x_2 m_{i-1}^R + 10 m_i^L + m_{i+1}^L - 5 D m_i - h D m_i' & \\
 w_{i-1}^R - 2 w_i^L + w_{i+1}^L = \frac{h^2}{12} e m_{i-1}^R + 10 m_i^L + m_{i+1}^L - \frac{c_1}{l} (t_1^{i-1} + 10 t_1^i + t_1^{i+1}) - & \\
 \frac{c_2}{l} (t_2^{i-1} + 10 t_2^i + t_2^{i+1}) - 5 D m_i - h D m_i' & \\
 m_{i-1}^R - 2 m_i^L + m_{i+1}^L + D m_i + h D m_i' = \frac{h^2}{12} (p_{i-1}^R + 10 p_i^L + p_{i+1}^L) + \frac{5}{12} h^2 D p_i + \frac{h^3}{12} D p_i' &
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

По [1] в случае шарнирного опирания в краевых точках $m = \omega = t_i = 0$. Поэтому, для расчета шарнирно опертых балок достаточно записать уравнения (6) для всех регулярных точек. При других краевых условиях необходимо рассмотреть аппроксимацию этих условий.

Для левых краевых точек:

$$\begin{aligned}
& \frac{5h^2}{12} x_1 a \cdot (t_1^i)^R - \frac{h^2}{12} x_1 a \cdot (t_1^{i+1})^L + \frac{5h^2}{12} x_1 b \cdot (t_2^i)^R \\
& + \frac{h^2}{12} x_1 b \cdot (t_2^{i+1})^L = \frac{h^2}{3} x_1 g \cdot m_i^R + \frac{m_{i+1}^L}{2} + \frac{h^2}{12} \cdot (5p_i^R + p_{i+1}^L) + \frac{h^3}{48} \cdot (p_i^R)^{\text{Ш}} \\
& \frac{5h^2}{12} x_2 b \cdot (t_1^i)^R + \frac{h^2}{12} x_2 b \cdot (t_1^{i+1})^L + \frac{h^2}{12} x_2 g \cdot (t_2^i)^R - \\
& - \frac{h^2}{12} x_2 a \cdot (t_2^{i+1})^L = \frac{h^2}{3} x_2 m_i^R + \frac{m_{i+1}^L}{2} + \frac{h^2}{12} \cdot (5p_i^R + p_{i+1}^L) + \frac{h^3}{48} \cdot (p_i^R)^{\text{Ш}} \\
& h \cdot (w_i^R - w_i^R + w_{i+1}^L) = -\frac{h^2}{12} \cdot e \cdot h \cdot (m_i^R) - \frac{c_1}{l} \cdot (t_1^i)^R - \frac{c_2}{l} \cdot (t_2^i)^R \\
& + 5 \cdot m_i^R - \frac{c_1}{l} \cdot (t_1^i)^R - \frac{c_2}{l} \cdot (t_2^i)^R - m_{i+1}^L - \frac{c_1}{l} \cdot (t_1^{i+1})^L - \frac{c_2}{l} \cdot (t_2^{i+1})^L \\
& - h \cdot m_i^R - 2 \cdot m_i^R + m_{i+1}^R = -\frac{h^2}{12} \cdot (5 \cdot p_i^R + 10 \cdot p_{i+1}^L) - \frac{h^3}{12} p_i^R.
\end{aligned} \tag{7}$$

Аналогично, для правых краевых точек, уравнения (7) записываются в “зеркальном отображении”, при этом входящие в эти уравнения первые производные функций в точке (i) меняют знак на обратный. Здесь h - шаг сетки, а верхние индексы R и L указывают на то, с какой стороны взято значение функции бесконечно близко к точке, справа или слева соответственно.

Для учета промежуточной опоры достаточно в рассматриваемой точке положить $\omega=0$.

ЧИСЛЕННЫЙ ПРИМЕР

Рассмотрим пример. Трехслойная двухпролетная балка, нагружена в первом пролете распределенной нагрузкой $q = 0,02 \text{ kN/cm}$. Второй вариант нагружения предусматривает приложение сосредоточенных сил в обоих пролетах $P = 10 \text{ kN}$ (рис 1). Модуль упругости слоев $E_1 = E_2 = E_3 = 21 \cdot 10^3 \text{ kN/cm}^2$; момент инерции поперечного сечения $I_1 = 144 \text{ cm}^4, I_2 = 288,054 \text{ cm}^4, I_3 = 431,476 \text{ cm}^4$; расстояние между слоями соответственно $c_1 = 13,56 \text{ cm}, c_2 = 16,21 \text{ cm}$; толщина слоев $h_1 = 12 \text{ cm}, h_2 = 15,12 \text{ cm}, h_3 = 17,3 \text{ cm}$; пролет балки $l = 600 \text{ cm}$; коэффициент жесткости шва $x_1 = x_2 = 3 \text{ kN/cm}^2$. Результаты расчета первого варианта приведены в таблице 1, а для второго – в таблице 2 (для сечения в середине первого пролета).

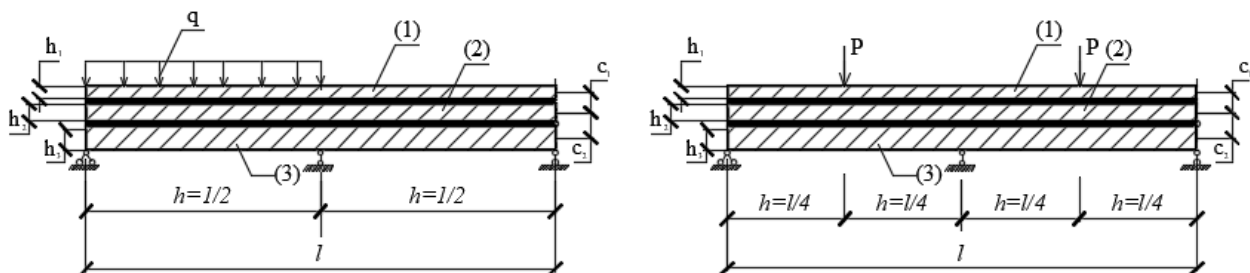


Рис. 1. Нерезная трехслойная балка под действием распределенной нагрузки (а) сосредоточенной нагрузки (б).

Таблица 1. Результат расчета примера в случае а

h	МПА			
	1/8	1/16	1/32	1/64
T ₁ (kN)	2,45	2,08	1,98	1,96
T ₂ (kN)	2,94	2,5	2,37	2,34
M ₁ (kN.cm)	30,64	28,22	27,56	27,39
M ₂ (kN.cm)	52,62	49,07	48,11	47,86
M ₃ (kN.cm)	86,47	80	78,24	77,8
y (cm)	0,0579	0,0549	0,0541	0,0539

Таблица 2. Результат расчета примера в случае b

h	МПА			
	1/8	1/16	1/32	1/64
T ₁ (kN)	5,46	4,13	3,76	3,67
T ₂ (kN)	6,55	4,95	4,51	4,40
M ₁ (kN.cm)	92,95	84,16	81,77	81,16
M ₂ (kN.cm)	166,62	153,76	150,28	149,39
M ₃ (kN.cm)	266,56	243,16	236,8	235,18
y (cm)	0,1204	0,1096	0,1066	0,1058

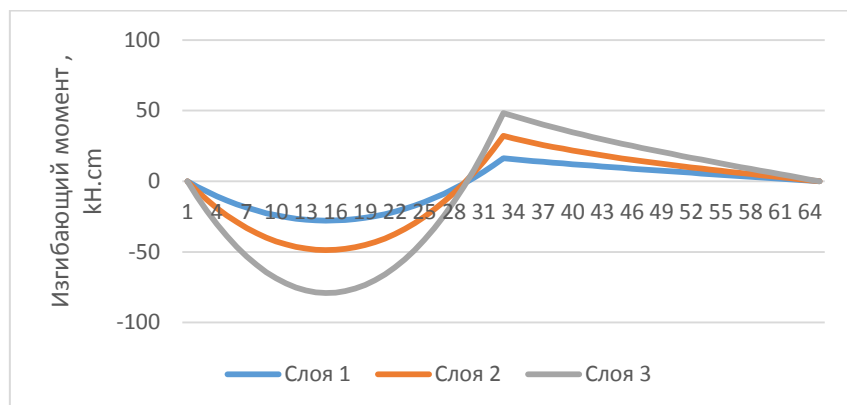


Рис. 2. Эпюра изгибающего момента слоев при $h=1/64$ в случае а

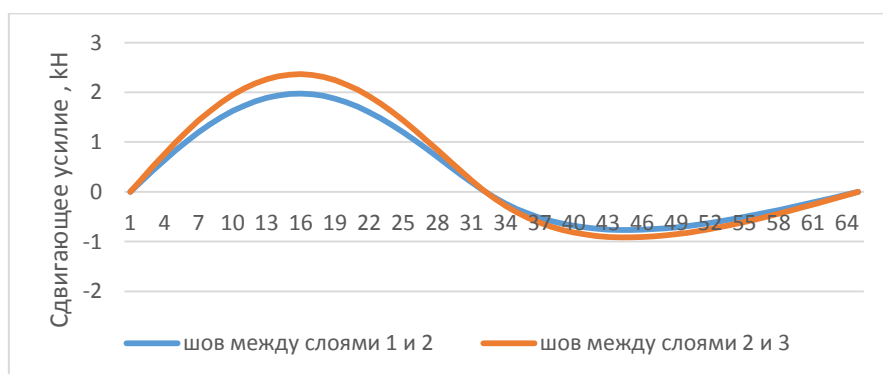


Рис. 3. Эпюра сдвигающих усилий в шве между слоями 1 и 2; 2 и 3 при $h=1/64$ в случае а

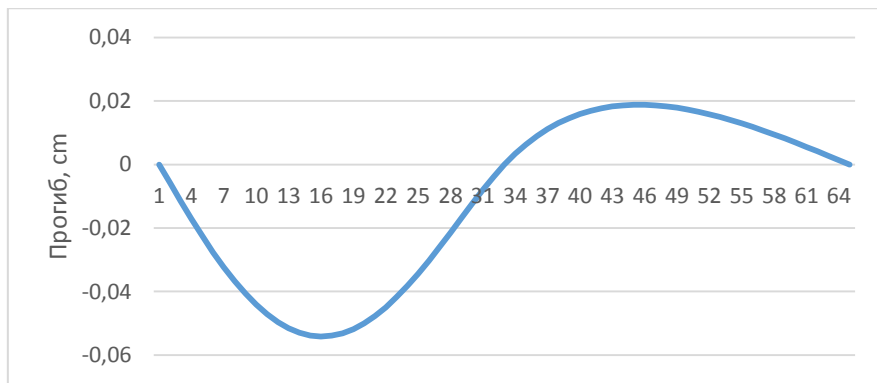


Рис. 4. Эпюра прогиба при $h=1/64$ в случае а

ВЫВОД

Предложенную в [12] методику не сложно обобщить на случай расчета трехслойных балок с несимметричным поперечным сечением. Такие примеры в [12] не рассматривались и решение трехслойных балок по предложенной методике публикуется впервые. Для обеспечения качества результатов контролировалась сходимость решения на нескольких вложенных сетках.

Простота методики, быстрая сходимость численного решения позволяют рекомендовать разработанную методику для использования в практике проектных организаций и в учебном процессе строительных ВУЗов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластин. М..Стройиздат 1986.316с.
2. Габбасов Р.Ф., Габбасов А.Р., Филатов В.В. Численное построение разрывных решений задач строительной механики.-М.: Изд-во АСВ, 2008, 280 с.
3. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета.- М.: Изд-во АСВ, 2001, 256 с.
4. Колчунов В.И, Марьенков Н.Г, Омельченко Е.В, Тугай Т.В, Бухтиярова А.С. Методика определения жесткости плосконапряженных и стержневых железобетонных составных конструкций при сейсмических воздействиях. Промышленное и гражданское строительство, №2,2014, с.12-15.
5. Фардиев Р.Ф, Ашрапов А.Х. Применение теории составных стержней к определению характера распределения напряжений в поперечном сечений усиленного внецентренно сжатого элемента. Известия КГАСУ, 2015, №4, с.363-369.
6. Балушкин А.Л. Применение модели составного стержня для прогнозирования предельных состояний эксплуатируемых железобетонных конструкций. Строительная механика и расчет сооружений. Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1 (26), с 44-49.
7. Притыкин А.И. Применение теории составных стержней к определению деформаций перфорированных балок. Вестник МГСУ, №4, с.177-181.
8. Притыкин А.И. Прогибы перфорированных балок с круглыми вырезами. Промышленное и гражданское строительство, №3,2015, с.94-102.
9. Притыкин А.И. Прогибы перфорированных балок с шестиугольными вырезами :две формы решения. Промышленное и гражданское строительство, №5,2015, с.10-16.
10. Краснощёков Ю.В. Применение модели составного стержня для расчета деревоплиты из склеенных досок . Вестник СибАДИ, выпуск 4(14), 2009, с.28-32.
11. Линьков Н.В. Расчет деревянных балок составного сечения на соединениях с применением композиционного материала по теории составных стержней А.Р. Ржаницына. Промышленное и гражданское строительство, №4,2013, с.20-22.
12. Габбасов Р.Ф, Филатов В.В. Численный метод расчета составных стержней и пластин с абсолютно жесткими поперечными связями. Издательство АСВ. Москва 2014.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭТАЖЕРКУ

Л.Ю. Фриштер¹, М.К. Лукин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*FrishterLY@mgsu.ru*

²*lukin.maxim@gmail.com*

Аннотация

Решетчатые наружные конструкции применяются в период строительства высотных сооружений, как технологические для обеспечения производственного процесса, установки оборудования, как складские здания. Вопросы аэродинамики решетчатых конструкций важны при проектировании зданий, расчете воздушных потоков внутри здания, оценке влияния здания на аэродинамический режим прилегающей территории, оптимального выбора ограждающих конструкций. Расчет влияния ветровых воздействий при проектировании решетчатых конструкций регламентируется нормативными документами, имеющими общий характер. Нормативные документы не отражают порядок установки защитных экранов, анализ ветрового воздействия на конструкцию для различных углов атаки ветрового воздействия на конструкцию. При проектировании таких конструкций нормы предписывают проводить испытания макетов в аэродинамических трубах архитектурно-строительного типа.

Целью работы является анализ ветрового воздействия на силу - моментные характеристики решетчатой конструкции для различных углов атаки ветрового воздействия на конструкцию. Задачи работы: проведение аэродинамических экспериментальных исследований ветрового воздействия на открытую и закрытую экранами решетчатую конструкцию прямоугольную в плане для различных углов атаки ветрового потока, анализ влияния угла атаки ветрового потока на внутренние усилия и аэродинамические коэффициенты открытой и закрытой решетчатой конструкции.

Актуальность работы определяется необходимостью установки оптимальных условий функционирования решетчатых конструкций при ветровом воздействии как для безопасной и комфортной работы людей, так и для надежности работы технологического оборудования, установленного внутри сооружения. Практическая значимость работы определяется возможными рекомендациями по расположению решетчатой конструкции при ветровом воздействии для оптимального функционирования конструкции и комфортной работы людей.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы аэродинамики решетчатых конструкций важны при проектировании зданий, расчете воздушных потоков внутри здания, оценке влияния здания на аэродинамический режим прилегающей территории, оптимального выбора ограждающих конструкций [5-8].

Целью работы является анализ ветрового воздействия на силу-моментные характеристики решетчатой конструкции для различных углов атаки ветрового воздействия на конструкцию. Актуальность работы определяется необходимостью установки оптимальных условий функционирования решетчатых конструкций при ветровом воздействии как для безопасной и комфортной работы людей, так и надежности работы технологического оборудования, установленного внутри сооружения.

Рассматривается решетчатая конструкция прямоугольная в плане при ветровом воздействии. Решетчатые наружные конструкции используются в период строительства высотных зданий и сооружений, предназначаются для установки технологического оборудования, используются как складские сооружения. В силу сложного ветрового режима

внутри открытой этажерки и необходимости создания комфортных режимов работы для людей и оборудования рассматриваются варианты открытой и полностью закрытой ветрозащитными экранами конструкций.

Конструкция имеет длину $l = \xi$, высоту $H = 3/4\xi$, ширину $b = 5/8\xi$, где ξ - характерный размер. Чертеж конструкции представлен на рис.1. Конструкция имеет регулярный шаг решетки по длине: $l_0 = l/4 = \xi/4$, по высоте $h_0 = h/5 = \xi/8$, по ширине $b_0 = b/5 = \xi/8$.

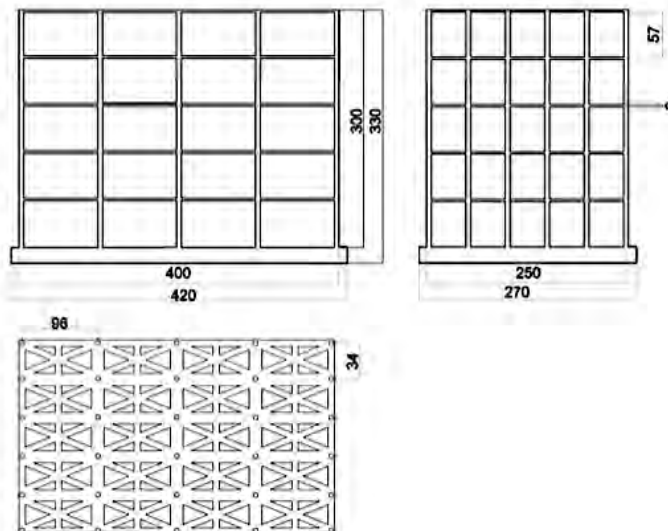


Рис.1. Чертеж решетчатой конструкции: фронтальный вид, вид сверху, вид сбоку

Угол между направлением скорости набегающего ветрового потока и фронтальной поверхностью конструкции – угол атаки, меняется. В данной работе рассматривается метод экспериментального моделирования воздействия ветра на промышленную этажерку [3]. Экспериментально при постоянном направлении скорости ветрового потока рассматриваются различные положения конструкции. Это позволяет анализировать влияние угла атаки ветрового потока на внутренние усилия и аэродинамические коэффициенты конструкции. Для решетчатой конструкции экспериментальные данные позволят привести рекомендации по установке этажерки с учетом розы ветров оптимально для её функционирования [1, 2, 5, 6, 8]. Подробнее результаты работы даны в работе [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Постановка задачи. Теоретическое положения экспериментального решения задачи

Ветровое воздействие на решетчатую конструкцию исследуется экспериментально в аэродинамической трубе. Модель конструкции устанавливается в той части аэродинамической трубы, в которой обеспечивается плоское стационарное течение потока. Вследствие стационарности потока все слагаемые, содержащие частные производные по времени в уравнении движения и неразрывности, равны нулю. Плоское стационарное течение можно рассматривать как тестовую модель газовой динамики. Измерение изменения давлений на поверхность конструкции по её высоте не проводилось.

Плоские стационарные потоки без учета объемных сил удовлетворяют следующей разрешающей системе уравнений [4]:

$$\text{уравнение неразрывности: } \frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} = 0,$$

$$\text{уравнения сохранения импульса: } \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V^2}{2} \right) = V_y \left(\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right),$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{V^2}{2} \right) = -V_x \left(\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right),$$

уравнение сохранения энергии: $\frac{d}{dt} \left(\frac{p}{\rho^\gamma} \right) \equiv V_x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p}{\rho^\gamma} \right) + V_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{p}{\rho^\gamma} \right) = 0,$

где V - скорость потока, $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$, V_x, V_y - компоненты скорости потока по оси OX, OY соответственно, p, ρ - давление, плотность потока газа (воздуха), γ - показатель адиабаты ($\gamma = \frac{c_p}{c_v}$), c_p, c_v - удельные теплоемкости смеси газов.

Для безвихревого движения получается: $\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} = 0$. Тогда для безвихревого

стационарного одномерного потока при отсутствии массовых сил полученные уравнения импульса упрощаются и переходят в уравнение Бернулли:

$$\rho v dv = dp \text{ или } p = \rho v^2 / 2 + p_0.$$

Экспериментальные исследования воздействия потока воздуха на конструкцию проводятся в той области потока, где плоское стационарное течение можно свести к одномерному безвихревому стационарному потоку. Ветровой поток, действующий на конструкцию, и угол атаки ветрового потока рассматриваются постоянными по высоте, длине и ширине внешней поверхности конструкции.

При испытаниях масштабной модели в аэродинамической трубе совпадение с натурным числом Рейнольдса недостижимо. Для конструкций подобного класса (плохообтекаемых тел) характерно существование диапазона «автомодельности по числу Рейнольдса Re », когда с ростом числа Re безразмерные характеристики обтекания тела практически перестают зависеть от этого параметра. Для определения диапазона автомодельности по числу Рейнольдса для исследуемой модели объекта, выполнены вспомогательные испытания при последовательном увеличении скорости потока в трубе от $V_\infty =$ от 5 до 30 м/с. Полученные зависимости позволяют заключить, что для данной модели при $V_\infty \geq 7$ м/с имеет место автомодельность по числу Рейнольдса.

В эксперименте рассматривается случай, когда одномерный ветровой поток взаимодействует с препятствием – решетчатой конструкцией. Величины аэродинамические коэффициенты для продольной, нормальной и поперечной сил соответственно определяются [1-4]:

$$C_x = \frac{F_x}{q_\infty S}, \quad C_y = \frac{F_y}{q_\infty S}, \quad C_z = \frac{F_z}{q_\infty S} \quad (1)$$

Взаимодействие потока с сооружением осложняется наличием открытых внутренних пространств решетчатой конструкции.

Проектирование и изготовление модели, эксперимент

Эксперимент выполнен в специализированной аэродинамической трубе Учебно-научной и производственной лаборатории аэродинамики и аэроакустики (УНПЛ ААИСК НИУ МГСУ). Для экспериментальных исследований разработана и изготовлена модель промышленной этажерки. Макет конструкции с прямоугольной сеткой колонн в плане имеет размеры 250x400 мм, высота равна 300 мм. Проницаемые межэтажные перекрытия равномерно распределены по всей высоте конструкции с шагом 60 мм по высоте, начиная с нулевой отметки, заканчивая верхней отметкой конструкции. С учетом размеров рабочей части аэродинамической трубы выбран наибольший масштаб модели 1:100. Макет изготовлен из стальных шпилек М6, имитирующих вертикальные колонны. Межуровневые перекрытия и его детали (уровень 1-5) изготовлены из оргстекла толщиной 3мм с помощью ЧПУ станка Qualitech 9G 530 IV посредством лазерной резки из цельной заготовки. Стальные шпильки

вкручивались в лист фанеры, служащей основанием для макета. После этого на шпильки надевались листы из оргстекла с уже подготовленными отверстиями.

После окончательной установки всех необходимых деталей произвелось финальное измерение всех размеров изготовленного макета промышленной этажерки (рис.2).



Рис. 2. Макет промышленной этажерки. Вид сбоку

На стадии изготовления модели, был встроены 6-ти компонентный сило - моментный датчик, используемый для измерения результирующих аэродинамических сил и моментов. Датчик крепится к жёсткой металлической пластине в основании макета. Собранный макет устанавливался на автоматизированном поворотном столе, располагающемся в рабочей зоне аэродинамической трубы.

Макет промышленной этажерки устанавливается в рабочую зону аэродинамической трубы на вращающуюся платформу, что позволяет исследовать влияние изменения направления ветрового воздействия (углов атаки потока) на конструкцию. В начале эксперимента, устанавливается проницаемая конструкция в положение угла атаки $\beta = 0^\circ$ и считываются "нулевые" (при отсутствии потока) показания тензовесов, что необходимо для учета величины начального смещения при нагружении датчика весом модели конструкции. При помощи поворота экрана с моделью в аэродинамической трубе меняется угол атаки - от 0° до 360° с шагом 45° . При проведении испытаний для каждого угла атаки потока на модель записываются показания тензовесов. Затем на модель устанавливаются ветрозащитные экраны и запись тензовесов повторяется для каждого из углов атаки ветрового воздействия.

При помощи шестикомпонентных тензовесов и программного обеспечения ATI DAQ F/T определяются F_x , F_y , F_z и – суммарные силы (тс), крутящий момент M_z вдоль оси Z и изгибающие моменты M_x , M_y вдоль осей X, Y соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ полученных данных

В таблице 1 приведены усилия F_x , F_y , F_z и моменты M_x , M_y , M_z по данным датчиков тензовесов в основании модели конструкции при изменении угла атаки ветрового потока β от 0° до 360° с шагом 45° для полностью открытой решетчатой конструкции.

Таблица 1. Экспериментальные данные аэродинамических воздействий для открытой конструкции

Угол атаки β	Сило - моментные данные					
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
0	1,749	4,78	2,026	-0,29	0,003	-0,0066
45	-1,87	4,25	2,65	-0,249	-0,279	0,009
90	-4,21	-0,73	0,44	0,072	-0,34	-0,01
135	-4,75	-5,039	1,61	0,366	-0,273	-0,008
180	-2,92	-5,58	0,92	0,39	0,06	-0,011
225	2,78	-4,34	0,272	0,3	0,318	0,011
270	4,41	0,31	0,118	0,0008	0,34	-0,008
315	5,09	4,71	1,81	-0,28	0,26	-0,008

Полученные значения моментных характеристик показывают, что крутящий момент M_z равен нулю, что определяется симметрией конструкции, воздействий, а также расположением датчиков измерения в центре основания на первом уровне конструкции по оси симметрии OZ конструкции. Изгибающие моменты M_x , M_y также практически равны нулю.

Значения F_x , F_y при углах 135° и 315° практически равны и их графики зависимости от угла атаки потока похожи (рис.1). Значения F_x , F_y при углах 135° и 315° практически равны и их зависимости от угла атаки потока похожи. Значения F_z значительно меньше, чем значения F_x , F_y . Значение $F_z=2,65\text{Н}$ больше остальных значений F_z , не имеют подобного значения при симметричном повороте конструкции, поэтому содержит погрешность измерения. Наибольшее значение модуля $F_y=5,1\text{Н}$ наблюдается при углах 315° (135°). Наибольшее значение модуля $F_x=5,6\text{Н}$ наблюдаются для углов 180° (0°), к этим значениям близки значения F_y при углах 135° (315°). Наибольшие значения F_y усилий наблюдаются для конструкции, расположенной под углами 135° и 315° к потоку по длинной стороне с наветренной стороны потока.

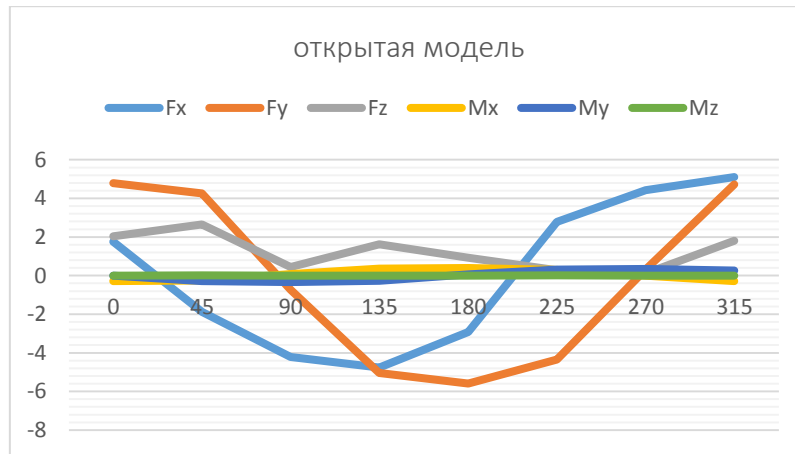


Рис.1. График зависимости аэродинамического воздействия при изменении угла атаки от 0° до 360° для открытой модели

В таблице 2 приведены усилия F_x , F_y , F_z и моменты M_x , M_y , M_z по данным датчиков тензовесов в основании модели конструкции при изменении угла атаки ветрового потока β от 0° до 360° с шагом 45° закрытой со всех четырех сторон.

Таблица 2. Экспериментальные данные аэродинамических воздействий для закрытой конструкции

Угол атаки β	Сило - моментные данные					
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
0	3,61	12,84	7,78	-0,738	-0,025	0,036
45	-2,54	12,1	7,52	-0,652	-0,39	0,091
90	-6,43	-0,19	5,59	0,014	-0,46	0,059
135	-7,03	-12,74	3,9	0,66	-0,301	-0,12
180	-3,5	-13,17	3,47	0,75	-0,054	0,053
225	3,58	-11,03	3,46	0,609	0,41	0,058
270	6,37	2,63	5,55	-0,13	0,44	0,059
315	8,98	12,41	7,32	0,71	0,32	-0,067

При установке защитных экранов с четырех сторон жесткость конструкции возрастает и пространственный фактор влияет на работу конструкции. В случае полного закрытия всей конструкции ветрозащитными экранами значительные усилия $F_z = 7,3-7,5$ Н наблюдаются при углах атаки $\beta = 45^\circ, 315^\circ$.

Значительные усилия $F_x = 9,0$ наблюдаются при углах атаки $\beta = 315^\circ$, а также $F_x = -7,0$ при углах атаки $\beta = 135^\circ$. Наибольшие значения усилий $F_y = -13,2$ Н наблюдаются при углах атаки 180° и $F_y = 12,8$ Н при $\beta = 0^\circ$, также близки к этим значениям $F_y = 12,1-12,7$ Н при углах атаки $\beta = 45^\circ, 315^\circ$. Крутящий моменты M_z практически равен нулю, изгибающие моменты M_x, M_y также незначительны.

На рис.2 приведены зависимости сило-моментных данных при разных углах атаки ветрового воздействия для полностью закрытой экранами модели.

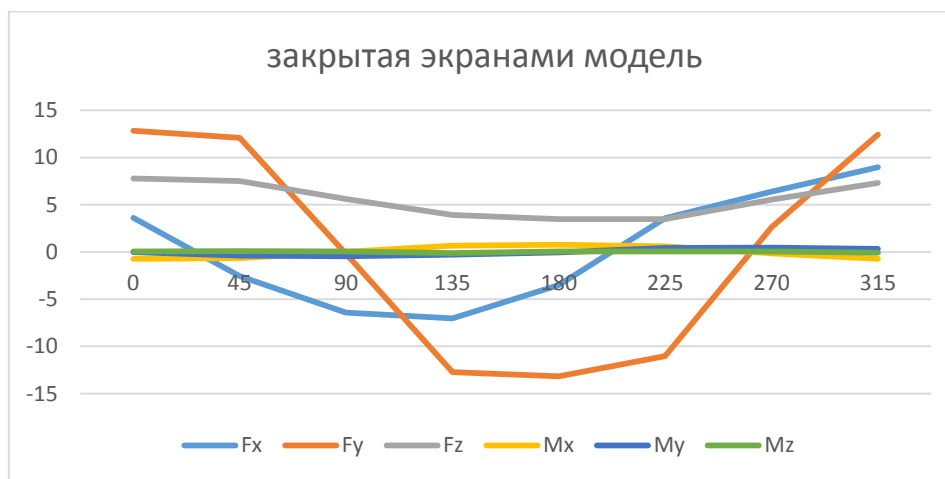


Рис.2. График зависимости аэродинамического воздействия при изменении угла атаки от 0° до 360° для закрытой экранами конструкции

По данным усилий и моментов по формулам (1) определены безразмерные аэродинамические коэффициенты при изменении угла атаки от 0° до 360° для открытой и закрытой экранами конструкции. Наибольшие аэродинамические коэффициенты CF_x наблюдаются для варианта открытой конструкции $CF_x(90^\circ) = -0,64$ и $CF_x(270^\circ) = 0,67$ (в скобках указан угол β атаки потока). Для закрытой конструкции эти значения равны: $CF_x(90^\circ) = CF_x(270^\circ) = \mp 1,0$. Наибольшие значения CF_y для открытой конструкции

$CF_y(0^\circ) = CF_y(180^\circ) = \mp 0,5$. Для закрытой конструкции коэффициенты динамичности в среднем составляют $CF_y(0^\circ) = CF_y(180^\circ) = \mp(1,25; 1,26)$. Коэффициент динамичности CF_x мал для варианта открытой конструкции и может не учитываться. При установке четырех экранов наибольший коэффициент динамичности равен $CF_z(90^\circ) = CF_z(270^\circ) = \mp 0,8$. Подробное изложение результатов работы приведено в [9].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работе экспериментально исследуется ветровое воздействие на решетчатую конструкцию. Макет конструкции устанавливается в той части аэродинамической трубы, в которой обеспечивается плоское стационарное течение потока воздуха. Экспериментальные исследования воздействия потока воздуха на конструкцию проводятся в той области потока, где плоское стационарное течение сводится к одномерному безвихревому стационарному потоку, при чем для данной скорости ветрового потока $V_\infty = 12 \text{ м/с}$ справедлива автомодельность по числу Рейнольдса. Ветровой поток, действующий на конструкцию, и угол атаки ветрового потока на конструкцию рассматриваются постоянными по высоте, длине и ширине внешней поверхности конструкции. Такое стационарное течение потока на конструкцию можно рассматривать как тестовую модель газовой динамики, которая позволяет анализировать задачу аэроупругости с учетом влияния направления скорости потока на конструкцию. В эксперименте исследовано влияние положения открытой и полностью закрытой экранами конструкции относительно направления ветрового воздействия. В дальнейшем с учетом данных работы по силовым, моментным характеристикам конструкции, а также коэффициентам динамичности, планируется провести анализ последовательности установки защитных экранов. Это позволит выбрать вариант расположения конструкции и установки защитных экранов оптимальный для функционирования конструкции и комфортной работы людей при ветровом воздействии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аэродинамические экспериментальные исследования ветрового воздействия на решетчатую прямоугольную в плане конструкцию позволяют анализировать влияние ветрового воздействия на силовые и моментные характеристики конструкции для различных направлений скорости ветрового потока и определять коэффициенты динамичности при различных углах атаки ветрового воздействия на конструкцию. Практическая значимость работы определяется возможными рекомендациями по расположению решетчатой конструкции при ветровом воздействии для оптимального функционирования конструкции и комфортной работы людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. М.: Стройиздат. 1984. 294 с.
2. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. М.: Стройиздат. 1968. 240 с.
3. Егорычев О.О., Гувернюк С.В., Исаев С.А., Поддаева О. И., Корнев Н.В., Усачева А.Е. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий // Вестник МГСУ. 2011. № 3. Т.1. с.185-191.
4. Стернин Л.Е. Основы газовой динамики. М.: Вузовская книга. 2016. 332с.
5. Самсонов В.Т. Аэродинамика промышленных зданий: аэродинамические расчеты при проектировании вентиляционных выбросов. М.: ИНФРА-М. 2019. 230 с.
6. Свод правил СП 20.13330.2016/ Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия». – М: ОАО «ЦПП», 2011. – 85 с.
7. Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий.// Журнал АВОК. 2006. №8 стр. 18-24; 2007 №1 стр. 16-22.
8. American Society of Civil Engineers. Minimum design loads for buildings and other structures. ANSI/ASCE 7-95. ASCE. New York. 1998.
9. L. Frishter and M. Lukin Experimental study of wind impact on multilevel industrial scaffolding. E3S Web of Conferences 157, 06009 (2020).

РАСЧЕТ ТОНКИХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ НА ДЕЙСТВИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ю.Т. Чернов¹, Е.Е. Парамонов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹jurychernov@gmail.com

²evg.paramonov@yandex.ru

Аннотация

В данной работе излагаются общие положения метода расчета плит на действие динамических нагрузок, кратко описывается разработанный комплекс программ. В ходе расчетов оценивались расстояния от области приложения нагрузки до края плиты для гармонической нагрузки, при которых влияние краевых условий на напряженно-деформированное состояние плиты оказалось пренебрежимо мало. Полученные результаты позволяют определить размеры, при которых плиту можно считать неограниченной при расчетах подобного типа. Решение строится методом конечных элементов в плоском приближении с помощью программы написанной на языке программирования Python. Для описания напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов в виде пластин используются соотношения теории пластин Кирхгофа-Лява. Решение системы уравнений с конечным числом степеней свободы строится методом разложения по собственным формам колебаний. Диссипативные силы в плите и основании в рамках принятых гипотез при выводе основных расчетных зависимостей учтены достаточно точно. При расчетах учитывается работа оборудования в переходном и эксплуатационном режимах. Сделаны выводы по параметрам плит и нагрузок при которых отсутствует влияние краевых условий на напряженно-деформированное состояние тонких плит на грунте под оборудование с динамическими нагрузками.

ВВЕДЕНИЕ

Широко распространенными в промышленном строительстве являются тонкие фундаментные плиты, представляющие собой бетонные и железобетонные плиты толщиной 10-30 см, лежащие на грунте. Использование таких плит в качестве опорных конструкций под статические нагрузки и виброактивное оборудование является эффективным инженерным решением, которое позволяет получить значительную экономию материала по сравнению с установкой на отдельные фундаменты. Существует достаточное количество работ, посвященных динамике протяженных плит на упругом основании. Работ связанных с расчетом плит конечных размеров на грунте не так много. В статье кратко изложена методика динамического расчета плит конечных размеров на грунте. На основе приведенной методики разработан комплекс программ на высокоуровневом языке программирования Python. В связи с вышеизложенным существует необходимость исследовать вопрос, связанный с оценкой минимальных расстояний от области приложения нагрузки до края плиты при которых влияние на напряженно-деформированное состояние пренебрежимо мало.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Решение задач строится методом конечных элементов [1] в плоском приближении. Для описания напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов в виде пластин используются соотношения теории пластин Кирхгофа-Лява. Решение системы уравнений с конечным числом степеней свободы строится методом разложения по собственным формам колебаний [2], [3], [4]. Для учёта упругого основания матрица жесткости конечного элемента дополняется матрицей жесткости упругого основания [5].

Матрица масс рассчитывается с учетом дополнительной массы от установленного на плиту промышленного оборудования. Диссипативные силы в плите и основании в рамках принятых гипотез при выводе основных расчетных зависимостей учтены достаточно точно [6]. При расчетах учитывается работа оборудования в переходном и эксплуатационном режимах. Расчеты проводились с помощью программы разработанной на языке программирования Python.[7]

Для решения поставленной задачи рассматривался набор из пяти квадратных плит на упругом основании с коэффициентом постели $C = 25000 \text{ кН/м}^3$ (песок). Размеры плит: 3x3; 4x4; 5x5; 6x6; 10x10 метров, толщина - 20 см с конструктивным армированием изготовлены из бетона В30. В качестве динамической нагрузки принимался насос К160/30 см. рисунок 1(б) (вес вращающихся частей – 1,39 кН; $\omega = 1500 \text{ об/мин}$; габаритные размеры опорной плиты – 1 м x 0,5 м). Общий вид расчетной схемы на рисунке 1(а).

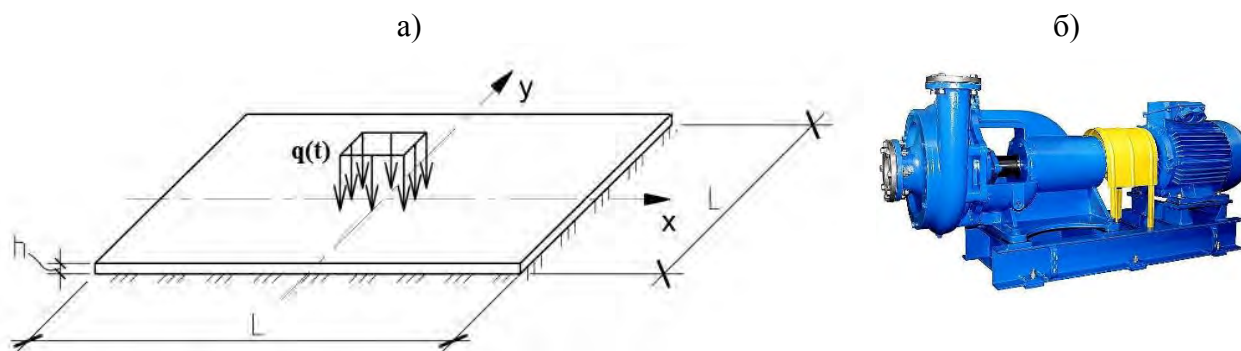


Рис. 1. а) Общий вид расчетной схемы. б) насос К160/30.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под бесконечной плитой понимается плита настолько большой протяженности, что вблизи приложения нагрузки можно пренебречь влиянием краев [8]. Дополнительно известно, что при удалении от области приложения нагрузки к краям весьма протяженной плиты её прогиб и внутренние усилия практически стремятся к нулю или затухают.

Учитывая вышесказанное для количественной оценки результатов расчета и формулировки выводов приведены максимальные значения изгибающих моментов и прогибов под нагрузкой в таблице 1.

Таблица 1. Максимальные изгибающие моменты и прогибы под нагрузкой в центре плиты

Размеры плит, м	3x3	4x4	5x5	6x6	10x10
Максимальный изгибающий момент под нагрузкой, кН*м	-27,89	-23,14	-18,56	-13,13	-12,51
Максимальный прогиб под нагрузкой, мм	-1,93	-1,51	-1,19	-0,89	-0,88

На рисунке 2 представлен безразмерный прогиб, на рисунке 3 - безразмерный изгибающий момент. Сечение графика проходит по оси x . Начало координат находится в центре плиты (см. рисунок 1). В силу симметрии конструкции на рисунках 2,3 изображена только половина графика. Представленные графики позволяют качественно оценить результаты расчетов.

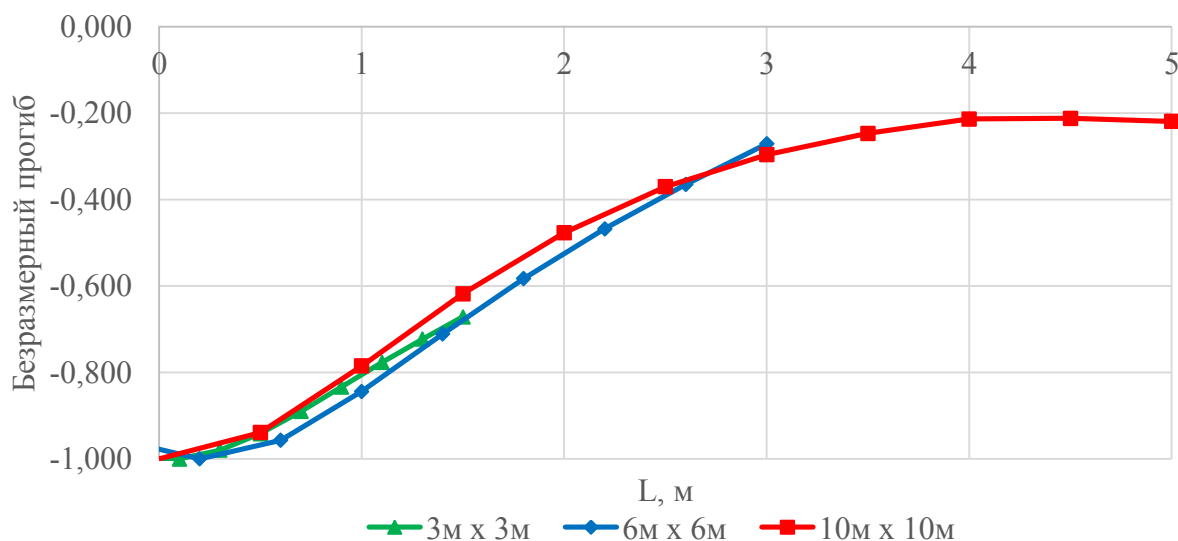


Рис. 2. Безразмерный прогиб

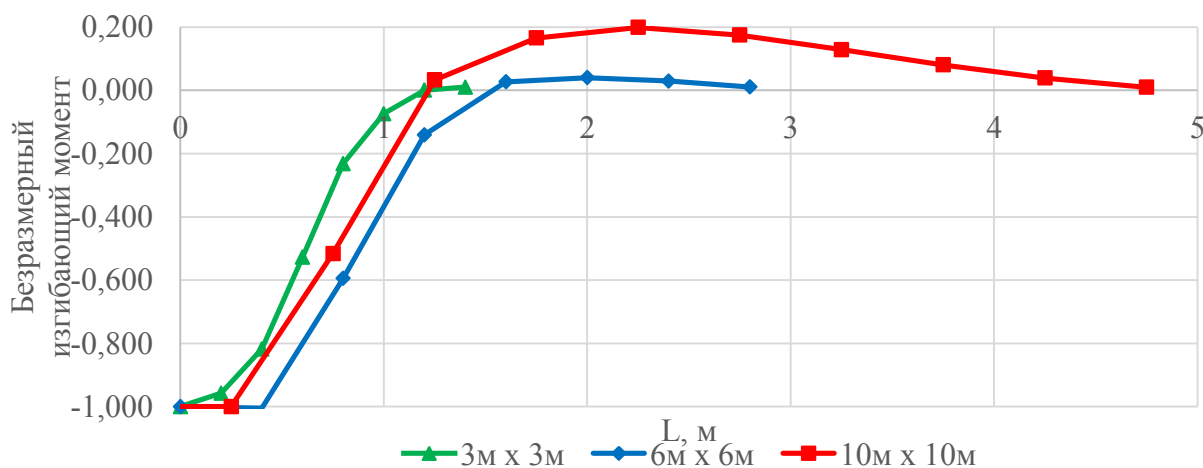


Рис. 3. Безразмерный изгибающий момент

ВЫВОДЫ

Результаты, приведенные в таблице 1 показывают, что при изменении размера плиты величины изгибающих моментов и прогибов меняются. Причем чем больше плита, тем изменение становится меньше. Изгибающие моменты в плите размером 6м x 6м отличаются от моментов в плите 10м x 10м на ~5%, прогиб отличается на величину менее 1%.

Качественный анализ рисунка 2 показывает, что для плит размером 3м x 3м и 6м x 6м, не наблюдается ожидаемого затухания прогиба к краю плиты. Только для плиты 10м x 10м кривая безразмерного прогиба стремится к постоянному значению. Аналогичный анализ можно привести для безразмерного изгибающего момента.

При расчетах фундаментных плит на действие динамических нагрузок от промышленного оборудования следует учитывать следующие положения. Если при установке на отдельные плиты промышленного оборудования создающего гармоническую нагрузку расстояние от области приложения нагрузки до края плиты ≥ 5 м, то подобные конструкции рассчитываются как неограниченные плиты на упругом основании в остальных случаях необходимо учитывать влияние краевых условий.

Данная задача требует дополнительных исследований, связанных с определений аналогичных расстояний при установке оборудования с импульсными нагрузками, при совместной установке двух типов оборудования. А также в дальнейшем совершенствовании

расчетного аппарата, направленным на расчет не только тонких плит Кирхгофа-Лява, но и плит средней толщины С.П. Тимошенко. Эта задача становится актуальна при расчетах плит конечных размеров, когда соотношение толщины к пролету достигает $1/5 \div 1/10$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Секулович М. Метод конечных элементов. Перевод с серб. Ю. Н. Зуева, Под ред. В. Ш. Барбакадзе. М., Стройиздат, 1993, 660 с.
2. Чернов Ю.Т. Вибрации строительных конструкций. Аналитические методы расчета. Основы проектирования и нормирования вибраций строительных конструкций, подвергающихся эксплуатационным динамическим воздействиям. - 2-е изд., испр. и доп. М., Изд-во АСВ, 2011, 383 с.
3. Пятецкий В. М., Александров Б. К., Савинов О. А. Современные фундаменты машин и их автоматизированное проектирование. М., Стройиздат, 1993, 415 с.
4. Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. – 2-е изд. Л., Стройиздат, 1979, 346 с.
5. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л., Судостроение, 1974, 341 с.
6. Корнев Б. Г., И. М. Рабинович И. М. Динамический расчет зданий и сооружений (Справочник проектировщика) - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, Стройиздат, 1984, 303 с.
7. Прохоренок Н.А. Дронов В.А. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений. - Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2016, 832 с.
8. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А., Соломин В. И. Расчет конструкций на упругом основании. - 3-е изд., перераб. и доп. - М., Стройиздат, 1984, 679 с.

Секция 2. Строительные материалы и технологии

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Б. Бодэ, А.А. Ермакова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹bode-niitag@yandex.ru

²annasaavedre@gmail.com

Аннотация

Главная особенность русского деревянного зодчества – это широкое применение бревенчатых конструкций для всех типов зданий. Имеются многочисленные примеры башнеобразных сооружений, сложенных из бревен, притесанных друг к другу, без каких-либо креплений, что не мешало их конструктивной устойчивости. Деревянные здания исторически не обрабатывались защитными составами и при этом они обладали долговечностью. Срок службы деревянных кровель исчислялся несколькими десятилетиями. Анализируются приемы соединения бревен, позволяющие возводить высокие сооружения. Различная работа конструкций обеспечивала определенные параметры устойчивости. Рассматривается плотность древесины, как определяющий фактор долговечности деревянных построек. Обосновывается целесообразность использования в реставрации памятников деревянного зодчества специально заготовленной плотной древесины и применения традиционных технологий рубки для достижения качественного результата.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых ярких направлений в российской строительной культуре является деревянное зодчество. Главной отличительной особенностью русских исторических построек из дерева являются конструкции, выполненные из круглого бревна. Из бревен строились жилые дома, крепости и храмы – сооружения очень разные по своему типу и масштабу [8]. Бревенчатые стены сочетались с бревенчатыми перекрытиями и подкровельными конструкциями. Среди исторических деревянных зданий есть очень высокие, например, Вознесенская церковь 1654 г. в селе Пияла Архангельской области, Успенская церковь (утрачена) 1774 г. в г. Кондопога Республики Карелия. Это обычные сельские приходские церкви, соответственно городские и монастырские храмы могли быть значительно выше.

Бревенчатые здания при относительно небольшой площади подошвы могли достигать значительной высоты, то есть это башнеобразные высотные сооружения, сложенные из бревен, врубленных друг в друга, без каких-либо креплений. Длина стены из цельных бревен без перерубов достигала 11 м.

Дерево, казалось бы, совсем недолговечный материал, однако до нашего времени сохранились памятники деревянного зодчества XVI – XVII вв. Поверхность срубов ничем не обрабатывалась, деревянные кровли. Деревянные здания исторически не обрабатывались защитными составами.

Достижения традиционной строительной техники требуют специального изучения для их использования в современной практике реставрации памятников деревянного зодчества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на результатах многолетних натурных обследований памятников деревянного зодчества и на опыте реставрационных работ. Проанализированы конструкции ряда наиболее выдающихся деревянных высотных церквей. Изучены материалы

типологических исследований и архитектурных обмеров разных исследователей и реставраторов памятников деревянного зодчества [5]. Изучен уникальный опыт реставрации Преображенской церкви Кижского погоста [1]. Проанализированы работы, посвященные свойствам древесины и их защите от различных повреждений [6]. Основным методом исследования является метод обобщения результатов, полученных путем сравнительного, исторического и типологического анализа. Опыт реставрации памятников деревянного зодчества сопоставлен с историческим опытом деревянного строительства для определения основных направлений работы и совершенствования реставрационной практики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструктивная устойчивость бревенчатых церквей, высота которых достигала 40 м и более, обеспечивалась благодаря плотному и надежному соединению бревен между собой (Рис 1). Бревна плотно ложились друг на друга, в углах соединяясь различными приемами. Все соединения выполнялись без использования нагелей. Плотность соединения достигалась за счет глубоких врубок и тщательной подгонки поверхностей друг к другу. Врезки одного бревна в другое обеспечивали свойства стены, приближенные к монолитности.

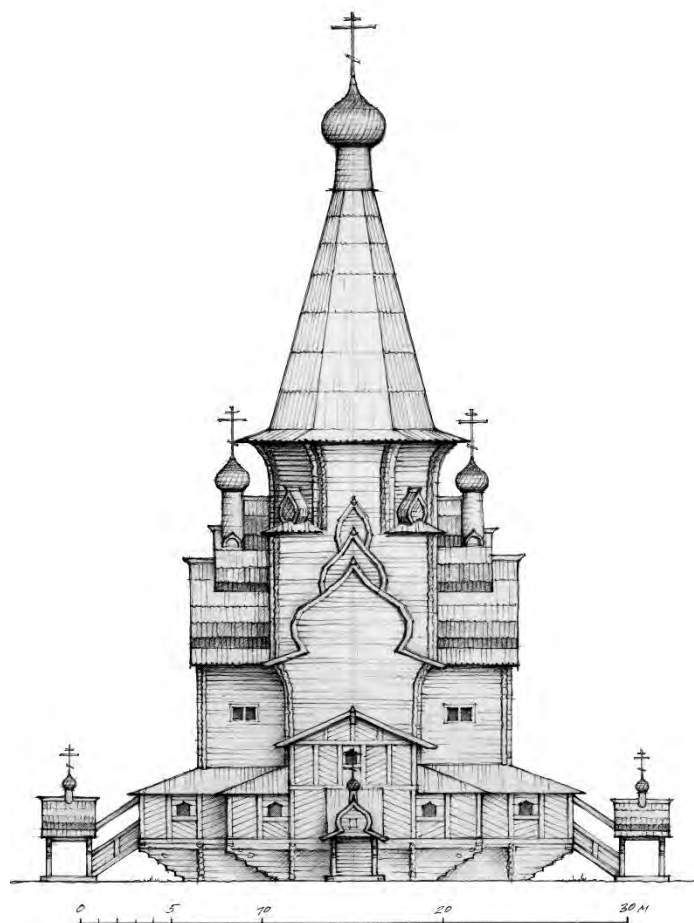


Рис. 1. Самая высокая в России деревянная Вознесенская церковь 1654 г. в селе Пияла Архангельской области. Высота 44 м, не включая крест. Рис. А.Б. Бодэ

Имеется очень много сложных вариантов, предназначенных для разных ситуаций [4]. Рубка «в чашу» обеспечивала надежность соединения углов по принципу крюка (Рис. 2а). Она обязательно применялась в нижних ярусах срубов высотных церквей, обеспечивая надежное основание. Схожий с ней тип рубки «в крюк» обеспечивал аналогичное соединение, но менее прочное за счет уменьшения сечения бревна и выборки внутри помещения прямого угла (Рис. 2б). Поэтому рубка «в крюк» применялась на срубах

относительно невысоких сооружений, не испытывавших большое давление от тяжелых верхних ярусов. Рубка «в лапу» не обеспечивала столь прочного соединения, как первый и второй упомянутый типы, и поэтому использовалась преимущественно в верхних ярусах построек (Рис. 2в).



Рис. 2. Типы угловых врубок (соединений): а – «в чашу», б – «в крюк», в – «в лапу»

Подобные типы угловых врубок характерны для русской строительной традиции [2]. В европейском деревянном строительстве использовались аналогичные врубки, но они неглубокие. Бревна между собой не соединялись с помощью паза, а просто ложились друг на друга, щели между которыми замазывались иным материалом. Это объясняется иным более теплым климатом и тем, что в Европе не строили высоких срубных зданий. В России напротив, глубокая врубка обеспечивала низкую теплопроводность стены и особенную прочность, достигавшуюся за счет большой площади соприкосновения одного конструктивного элемента с другим, что и позволяло возводить высокие сооружения. Плотность врубки бревен – это принципиальное отличие русской строительной техники от европейской.

В русских деревянных постройках допускались стены без перерубов длиной до 11 м, чего в европейских аналогичных зданиях нет вообще. При такой длине бревна не исключено выпучивание стены, которое может произойти за счет сползания верхнего бревна вбок относительно нижнего. Простой закругленный паз этому не препятствует. В подобных ситуациях использовался особый выбранный гребнем паз, препятствующий смещению верхнего бревна относительно нижнего.

Кроме того, долговечность и надежность исторических деревянных зданий достигалась за счет использования соответствующего строительного материала [7]. Раньше строевой лес был иного качества, более плотный, чем сейчас. Плотность древесины определялась частотой годовых колец (Рис. 3). Такая высокая плотность была обусловлена особыми условиями произрастания. Это обеспечивало ее хорошую сохранность в течение нескольких веков без какой-либо специальной обработки. Такая древесина не растрескивалась и не сжималась под нагрузкой, что особенно важно при строительстве высотных сооружений. Высокоплотная древесина мало впитывает влагу, отличается особой устойчивостью к биологическим повреждениям и насекомым-вредителям [3]. Для возведения бревенчатых построек должны были использоваться только медленно выросшие деревья возрастом не менее 150 лет.

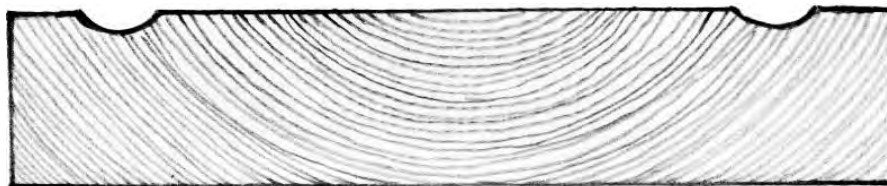


Рис. 3. Кровельная доска, выпиленная из плотной древесины. Обращение ее ядром вверх делает кровлю особенно долговечной, так как ядро наиболее устойчиво к загниванию

ВЫВОДЫ

В реставрации памятников деревянного зодчества для получения нормального результата ключевым условием является использования высокоплотной древесины и соблюдения исторических технологий работы со срубами. Повторение исторических глубоких врубок, особенно в нижних частях сруба обеспечивает надежность и устойчивость здания. Плотная древесина препятствует смятию под нагрузкой и дает минимальную усадку при высыхании, тем самым исключает деформации срубов. Реставрационные кровли, доски которых обладают плотной древесиной, служат до 40 лет. Использование опыта традиционной работы с деревом актуально и для современного деревянного строительства, которое является одной из востребованных сфер деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arnt M. Haugen, The Church of the Transfiguration at Kizhi Pogost – Some Reflections on the Building and Restoration // *Historic Wooden Architecture in Europe and Russia: Evidence, study and restoration*; Edited by Evgeny Khodakovsky and Siri Skjold Lexau. Basel: Birkhauser, 2015, P. 156—167.
2. Khodakovsky E., *Wooden Church Architecture of the Russian North: Regional schools and traditions (14th – 19th centuries)*, London, New York: Routledge, 2016. 192 p.
3. *Насекомые в музеях. (Биология. Профилактика заражения. Меры борьбы)*. М.: Т-во научных изданий КМК. 2007. 220 с. + 16 цв. вкл.
4. Ополовников А.В., Русское деревянное зодчество: Памятники шатрового типа. Памятники клетского типа и малые архитектурные формы. Памятники ярусного, кубоватого и многоглавого типа / ЦНИИ теории и истории архитектуры. М.: Искусство, 1986. С. 247—253.
5. Орфинский В.П., Гришина И.Е., Типология деревянного культового зодчества Русского Севера. Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. С. 56—57.
6. Покровская Е.Н., Физико-химические основы увеличения долговечности древесины. М.: Издательство АСВ, 2003. 104 с.
7. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л., Биокоррозия, сохранение памятников истории и архитектуры. М.: МГСУ, 2013. 212 с.
8. Ходаковский Е.В., Деревянная храмовая архитектура Русского Севера конца XVIII – начала XX века: основные задачи изучения и историко-художественной оценки // *Архитектурное наследие*. Вып. 68. / Под ред. И.А. Бондаренко. СПб., 2018. С. 109—122.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ф.Ф. Брюхань

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, pniiis-gip@mail.ru

Аннотация

Тепловые электростанции (ТЭС), работающие на сжигании угля, производят большие объемы золошлаковых отходов (ЗШО). Поэтому экологические проблемы, связанные с хранением и утилизацией ЗШО для таких электростанций являются приоритетными. Для получения новых данных о свойствах ЗШО было проведено исследование их образцов, отобранных из золоотвала № 4 Черепетской ГРЭС в рамках инженерных изысканий. Цель данного исследования заключается в выявлении гранулометрического и минералогического состава ЗШО, а также в определении их физических и химических свойств. В процессе инженерных изысканий были отобраны 4 пробы ЗШО из поверхностного слоя золоотвала и одна проба зольной пены для последующих лабораторных анализов.

Лабораторные анализы позволили установить гранулометрический, минералогический и химический состав ЗШО. Выполненная оценка коррозионной агрессивности ЗШО по отношению к различным материалам указывает на необходимость ограничений использования строительных материалов на основе ЗШО при контакте с алюминием.

Установлено заметное содержание в ЗШО естественных радионуклидов K^{40} , Ra^{226} , Th^{232} и техногенного Cs^{137} . Выявленная повышенная активность Ra^{226} и Th^{232} определяет необходимость проведения дополнительной оценки радоно- и торона-выделения из ЗШО. Обсуждаются перспективы использования золошлаковых материалов в различных отраслях.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что тепловые электростанции (ТЭС), работающие на сжигании угля, производят большие объемы золошлаковых отходов (ЗШО). Ежегодно угольными ТЭС и котельными в масштабе страны вырабатывается 22-30 Мт ЗШО при средней зольности угля 21.8 % [1, 2]. Из этих 22-30 Мт предприятиями среднего и малого бизнеса перерабатывается не более чем 10 %. В связи с этим обстоятельством экологические проблемы, связанные с хранением и утилизацией ЗШО для таких электростанций являются приоритетными [1-6].

Основные направления использования ЗШМ в строительстве включают [1, 4, 7]:

- строительство земляного полотна автомобильных дорог;
- производство сухих строительных смесей;
- производство ячеистых бетонов;
- производство обжигового кирпича;
- производство цемента;
- сбыт микросфер (наиболее ценной фракции ЗШМ);
- производство зольных бетонов.

Для получения новых данных о свойствах ЗШМ было проведено исследование образцов ЗШО, отобранных из золоотвала № 4 Черепетской ГРЭС в рамках инженерных изысканий проводимых для расширения емкости золоотвала [8]. Цель исследования состояла в выявлении гранулометрического и минералогического состава ЗШО, а также в определении их физических и химических свойств.

ОТБОР ПРОБ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Черепетская ГРЭС расположена в Тульской области к северо-западу от г. Суворова. В настоящее время ее установленная электрическая мощность составляет 450 МВт. Станция работает на сжигании углей Кузнецкого бассейна. Система золошлакоудаления –

гидравлическая. Площадь зеркала золоотвала составляет около 150 га.

В процессе инженерных изысканий были отобраны 4 пробы ЗШО из поверхностного слоя золоотвала 0-10 см и одна проба зольной пены для последующих лабораторных анализов. В рамках лабораторных исследований выполнялись следующие виды работ:

- гранулометрический анализ;
- рентгенофазовый анализ;
- исследование коррозионной агрессивности ЗШО по отношению к различным материалам;
- анализ на химический состав;
- анализ на радиоактивность.

Лабораторные исследования выполнялись в Производственном и научно-исследовательском институте по инженерным изысканиям в строительстве, Всероссийском научно-исследовательском институте минерального сырья, Российском государственном геологоразведочном университете, Центре гигиены и эпидемиологии в г. Москве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гранулометрический состав. Средняя плотность зольных частиц составила 2.35 г/см^3 . Их распределение по размерам, определенное по результатам лабораторного анализа 4 проб, приведено в табл. 1. Установлено, что зольные отложения относятся к категории пылеватых песков. Содержание песчаной, гравелистой и щебенистой фракций (диаметр частиц более 50 мкм) составляет в среднем около 53 %, пылевой (от 5 до 50 мкм) – 46 % и глинистой (менее 5 мкм) – 1 %. Зольные отложения аналогичны алевритам. В естественных условиях они неустойчивы к воздействию ветра. Фракция с размером частиц менее 50 мкм легко выдувается и разносится воздушным потоком.

Таблица 1. Распределение зольных частиц по размерам

Размер, мкм	< 5	5-10	10-50	50-100	100-250	250-500
Распределение, %	1.0	8.9	37.3	20.0	7.5	2.5

Размер, мкм	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000-10000	> 10000
Распределение, %	1.1	3.7	9.3	6.2	2.5

Минералогический состав. Пробы, отобранные из золоотвала, были подвергнуты рентгенофазовому анализу на дифрактометре DRON-3. В пробах были выявлены следующие минералы: кварц, гематит, муллит и стекло, показывающие на рентгенограммах гало, свойственное аморфным стеклам. Кварц – обломочный минерал, присутствующий в углях, куда попадает в виде золовой пыли. Муллит возникает при температурах, превышающих $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Гематит образуется при обжиге и разложении пирита. Стекло возникает при спекании глинистых минералов, содержащих кальций и магний с алевритовыми фракциями золового кварца. В пробе зольной пены гематит отсутствует, а частицы пены имеют вид полых сфер и поэтому легко флотируются в воде.

Химические свойства по отношению к строительным материалам. По результатам химического анализа ЗШО установлено, что в них содержится большое количество Рb, умеренное – Мп и В, и незначительное количество других химических элементов. Содержание подвижных форм Zn, Со, Cu, Ni, Cr существенно меньше предельно допустимых величин. Важно подчеркнуть, что концентрации бенз(а)пирена в отобранных образцах весьма малы.

Для использования золы в производстве строительных материалов необходима оценка ее совместимости со стальными конструкциями. Этот факт подтвердили измерения коррозии проб золы, отобранной по профилю дамбы золоотвала, проведенные в рамках инженерно-геофизических исследований [8].

В настоящей работе исследовалась также агрессивность 2 проб золы к бетону, арматуре железобетонных конструкций, свинцу и алюминию. Согласно результатам лабораторных

исследований водная вытяжка из золы имеет щелочную реакцию с рН от 8.5 до 8.65, по химическому составу – сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевая с минерализацией 238-239 mg/dm³. Было установлено, что агрессивность золы к исследуемым материалам следующая:

- к бетону марки W4 – неагрессивная;
- к арматуре железобетонных конструкций – слабая;
- к свинцу – средняя и низкая;
- к алюминию – от средней до высокой.

Результаты исследования коррозионной агрессивности ЗШО указывают на необходимость ограничений использования строительных материалов на их основе при контакте с алюминием.

Радионуклидный состав. Образцы золы исследовались также на содержание естественных радионуклидов K⁴⁰, Ra²²⁶, Th²³² и техногенного Cs¹³⁷. Согласно результатам лабораторных испытаний в образцах ЗШО радиоактивного загрязнения не выявлено, однако обнаружена относительно повышенная активность радионуклидов Ra²²⁶ и Th²³² (67-74 Бк/кг и 55-60 Бк/кг соответственно). В заключении Центра гигиены и эпидемиологии в г. Москве отмечается, что в случае использования золы для производства строительных материалов необходимо проведение оценки радоно- и торона-выделения из ЗШО.

Микросферы. При сжигании угля его минеральная часть образует золу, в которой присутствует легкая фракция в виде микросфер, представляющих собой полые шарики размером от 10-500 мкм, наполненные углекислым газом. Микросфер в золе относительно мало (около 2-5 %), однако они обладают весьма полезными свойствами. Например, их объемная насыпная масса составляет всего 100-150 кг/м³. На основе микросфер изготавливаются кирпичи, стоимость которых почти вдвое ниже стоимости шамотного кирпича [2]. Микросферы могут также использоваться при теплоизоляции в холодильной промышленности, теплозвукоизоляции, в судостроении, самолетостроении и других отраслях, где требуется легкий, теплоизоляционный, негорючий материал.

В последние годы на основе микросфер, жидкого стекла, легких порошкообразных наполнителей и других компонентов разработан новый минеральный пеноматериал – эколит. Такой материал характеризуется низкой теплопроводностью, хорошими механическими свойствами, экологической чистотой, пожаробезопасностью и высокой степенью огнезащиты, паронепроницаемостью, экранирующей способностью от воздействия ионизирующих излучений, высокой степенью адгезии с многими материалами (бетон, кирпич, дерево и др.).

ВЫВОДЫ

1. Грунгулометрический анализ образцов ЗШО показал, что содержание крупных частиц с размерами более 50 мкм в среднем составляет около 53 %, средних с размерами 5-50 мкм – 46.2 %, мелких (менее 5 мкм) – 1.0 %. В пробах выявлены частицы кварца, гематита, муллита, стекла.

2. По результатам химического анализа ЗШО установлено, что в них содержится большое количество Pb, умеренное – Mn и В и незначительное количество других химических элементов. Содержание подвижных форм Zn, Co, Cu, Ni, Cr существенно меньше предельно допустимых величин. Содержание бенз(а)пирена в золе и зольной пене незначительное.

3. Выполнена оценка агрессивности ЗШО по отношению к различным материалам, находящихся в контакте с ЗШО. Оценка показала, что степень коррозионной активности ЗШО по отношению к арматуре для железобетонных конструкций и свинцу относится к категориям низкой и средней, стали и алюминию – средней и высокой. Наряду с этим агрессивность ЗШО к бетону отсутствует.

4. Лабораторные испытания образцов ЗШО не выявили их радиоактивного загрязнения.

Однако при испытаниях была обнаружена относительно повышенная активность Ra^{226} и Th^{232} . Это обстоятельство определяет необходимость выполнения оценки радоно- и торона-выделения из ЗШО в случае их использования для производства строительных материалов.

5. Образующиеся при сжигании угля микросферы обладают весьма полезными свойствами, позволяющими использовать их в производстве строительных материалов.

6. Полученные результаты указывают на перспективность и целесообразность масштабной утилизации ЗШО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Целыковский Ю.К. Опыт формирования товарного рынка золошлаковых материалов тепловых электростанций // Новое в российской электроэнергетике. 2002. № 4. С. 15–42.
2. Целыковский Ю.К. Экологические и экономические аспекты утилизации золошлаков ТЭС // Энергия: экономика, техника, экология. 2006. № 4. С. 27–34.
3. Путилов В.Я. Золошлаки ТЭС – характеристика и перспективы решения проблемы // Энергетик. 1999. № 4. С. 37–40.
4. Экология энергетики / Под. ред. В.Я.Путилова. – М: Изд-во МЭИ, 2003. – 715 с.
5. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. и др. Повышение экологической безопасности ТЭС. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 378 с.
6. Кнатько В., Кнатько М., Щербакова Е. Отходы могут быть полезными // Экология и устойчивое развитие. 2004. № 2. С. 30–32.
7. Hanzelova M., Florekova L., Stehlikova B. et al. The strategy of the utilization of the energetic waste – fly ash // Proceedings of the 6-th Conference on Environment and Mineral Procession. – Ostrava, 2002. PP. 431–436.
8. Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Потапов А.Д. Инженерно-экологические изыскания для строительства тепловых электростанций. – М.: Из-во АСВ, 2010. – 192 с.

НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПЕРЕКРЫТИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

П.В. Гайдуков, Е.М. Пугач

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, gaidukov.p.v@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены существующие и перспективные системы несъемной опалубки, используемые для возведения перекрытий малоэтажных зданий. Описаны основные условия применения данных опалубочных систем, определены особенности существующих конструкций. На примерах ранее разработанных решений, рассмотрены модульные конструкции различных форм и материалов, типы соединений, выявлены тенденции совершенствования опалубки. В качестве примеров выбраны решения ключевыми особенностями которых являются различные типы соединений, расширенный функционал системы и наличие задела на модернизацию. Рассмотрены варианты монтажа и бетонирования перекрытий в несъемной опалубке. Выделены основные индивидуальные особенности каждого типа, на основании которых предложены варианты модернизации. Как результат приведены технические требования и краткое описание перспективной опалубочной системы для возведения перекрытий малоэтажных зданий в стесненных условиях.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение темпов роста малоэтажного строительства и постоянно ухудшающееся состояние фонда малоэтажных зданий создают необходимость в развитии новых решений по строительству и реконструкции. Быстровозводимые малоэтажные здания актуальны для регионов, удаленных от промышленных центров или находящихся в труднодоступных зонах, их применяют при необходимости срочного возведения зданий в зонах чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий. Одним из ключевых элементов зданий и сооружений являются перекрытия. Устройство стеновых конструкций из штучных материалов (таких как бетонные блоки, кирпич) или сэндвич панели позволяет возводить их без применения кранового оборудования и иных средств механизации. При этом устройство перекрытий практически невозможно без применения кранового оборудования или средств подачи бетонной смеси. Это негативно сказывается на сроках производства работ и стоимости (аренда техники).

Необходимо отметить, что большинство применяемых железобетонных, стальных и деревянных перекрытий нуждаются в дополнительном утеплении, антикоррозийной обработке или гидроизоляции. Решением данной проблемы может служить применение малоразмерных элементов, позволяющих возводить перекрытия без кранового оборудования. Такой тип перекрытий может иметь и другие полезные особенности: в зависимости от материала, способа изготовления и типа соединения данные конструкции могут обладать повышенными тепло- и шумоизоляционными свойствами.[1]

Существующие технические решения такие как балочная несъемная опалубка перекрытий позволяют устраивать горизонтальные конструкции без применения грузоподъемного оборудования. *Балочная несъемная опалубка* сочетает в себе элементы сборно-монолитного перекрытия и несъемной опалубки, данная система обладает наименьшими из рассматриваемых массогабаритными показателями отдельных элементов. В целом опалубка представляет собой сборную конструкцию из стальных (реже сталебетонных) балок и пустотозаполнителей, выполненных из легкого бетона или керамики. Однако, большие размеры балок, потребность в подаче и укладке бетонной смеси, необходимость монтажа поддерживающих стоек не дают решающего преимущества перед

стандартной опалубкой. Применение несъемной опалубки перекрытий позволяет уменьшить трудоемкость процесса возведения в среднем на 31% по сравнению с классической балочно-щитовой опалубкой, в случае с применением несъемной балочной опалубки перекрытий на 44% [2]. Для перекрытий, устраиваемых в стесненных условиях с применением балочной несъемной опалубки, значения затрат труда не превосходят показатели на возведение конструкции с использованием балочно-щитовой опалубки в нормальных условиях. Обладая меньшими показателями затрат труда системы несъемной опалубки, доказывают свою актуальность в современном строительстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существующие системы несъемной опалубки разнообразны и имеют свои ключевые особенности и сферы применения. Для разработки оптимальной опалубочной системы под задачи строительства в стесненных условиях необходимо проанализировать конструктивные и технологические особенности современных систем, выявить их преимущества и недостатки. Для проведения сравнительного анализа были подобраны технические решения, имеющие принципиальные отличия в способах монтажа. На основании выявленных тенденций в развитии данного типа опалубки будут предложены технические требования к перспективной опалубочной системе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время работы по совершенствованию несъемной опалубки перекрытий ведутся в нескольких направлениях. Первое - балочные конструкции с заполнением. Так решение предлагаемое ZHIXIANG GONG ZHENGCHU [3] представляет собой перекрытие, собранное из полых блоков в виде многоугольников, стороны которых в одном направлении соединены вогнутыми поверхностями на шип, в другом оперты на балки (рис. 1), верхние и нижние поверхности рифленые, что позволяет увеличить пятно контакта с поверхностью формы при бетонировании и облицовке. Следует отметить, что благодаря специфике соединения элементов друг с другом образуется жесткая малопроницаемая конструкция с преимуществами в легком весе, высокой прочности, звуко- и теплоизоляции.

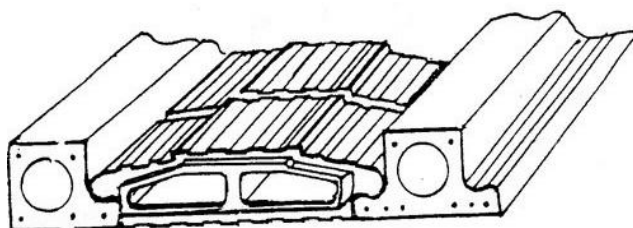


Рис. 1. Сборное перекрытие из полого блока

Второе направление предлагает использование безбалочных составных конструкций. В данном случае плоскость создают по принципу пазла из отдельных легких элементов. Так JEAN LEVAVASSEUR [4] предлагает геометрически сложные пространственные блоки, отформованные из переработанного пластика с неорганическим наполнителем в форме кессонов с периферийными ребрами (рис. 2). При стыковке блоки образуют прочное ровное основание для устройства монолитной железобетонной плиты. Крепление и устойчивость элементов обеспечивается формой внешних ребер, клеевым соединением и системой временных опор, используемых до завершения набора прочности бетоном.

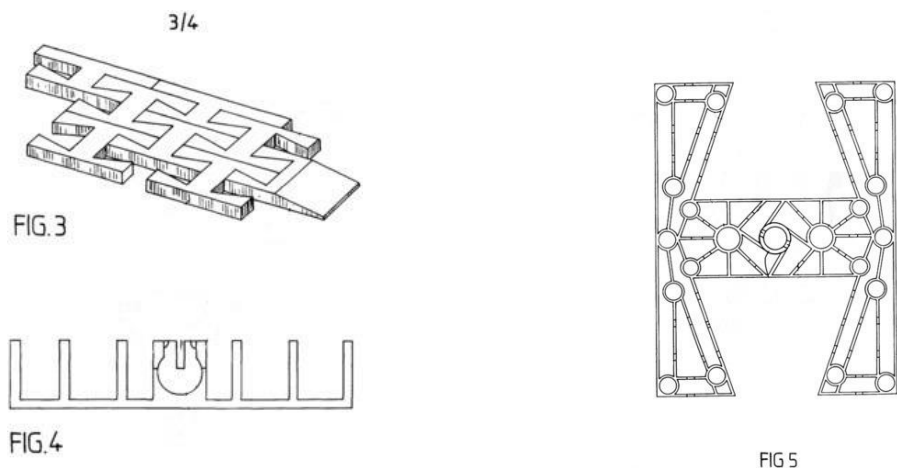


Рис. 2. Опалубочная форма на основе пазла

В развитие технологии безбалочной несъемной опалубки следует обозначить системы, совмещающие в себе качества несъемной опалубки с закреплением и пустотелого блока. Примером подобной системы, используемой в гидротехническом строительстве, может служить решение KIM, KYU HAN [5], применяемое для защиты береговой зоны. Полый блок имеет две вертикальные боковые стенки, соединенные между собой сплошным изогнутым дном и горизонтальными балками, что образует в торцевых и верхней горизонтальной плоскостях открытые полости (рис. 3). Для обеспечения устойчивости собранной системы на стенках и балках элементов использовано соединение «шип – паз».

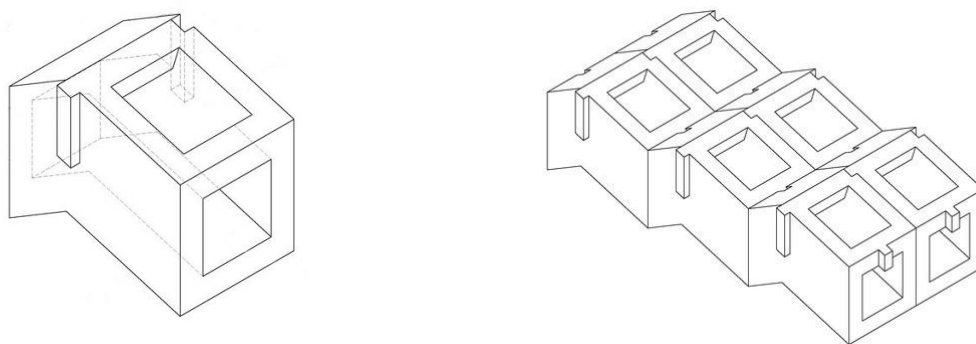


Рис. 3 Блок, используемый для защиты береговой зоны

Подобный механизм фиксации можно применить и для несъемной опалубки: использовать при устройстве формы пустотелые блоки с механическим креплением, обеспечивающим выверку системы, ее устойчивость на этапе монтажа и бетонирования. Такое решение позволит снизить вес отдельного элемента, после монтажа конструкции возможно частичное заполнение полости блока теплоизоляционными и звукоизоляционными материалами.

В отдельное направление выделяют системы с пустообразователями, устанавливаемыми в монолитные железобетонные плиты с целью сокращения объема бетона в наименее напрягаемых участках конструкции. Такие решения позволяют эффективно сокращать трудовые и материальные затраты, использовать прочностные характеристики возводимых конструкций. Идею совместить опалубочный щит несъемной опалубки с пустообразователем плиты перекрытия выразил Анпилов Сергей Михайлович. Разработанные им элементы (рис. 4) для больших пролётов реализованы в виде металлического профиля в форме незамкнутой трапеции с однородными наружной и рабочей поверхностями. Профиль в сечении содержит верхнее малое основание-полку и нижнее, большее основание, выполненное с отбортовками, на плоскости основания-

полки имеются выступы, обеспечивающие величину защитного слоя бетона под арматурной сеткой, там же устроены поперечные ребра жесткости в виде объемных геометрических фигур [6].

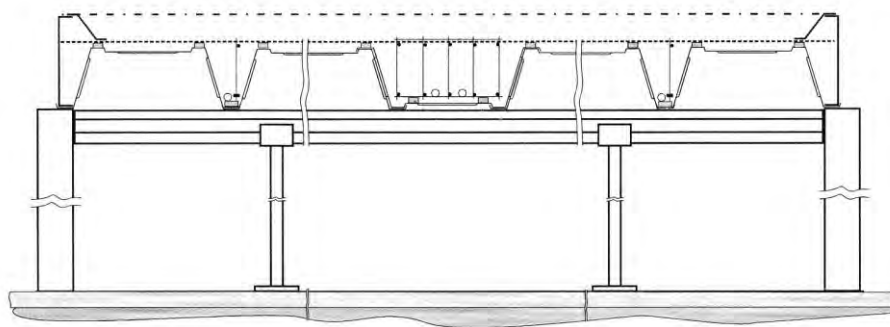


Рис. 4. Несъемная опалубка для больших пролётов

Устройство конструкции в данном виде опалубки предполагает, что после монтажа формообразующих деталей на поддерживающие стойки, в пространство, образованное сопряженными деталями, укладывается арматурный каркас интегрированных балок из стержневой арматуры различного диаметра, после чего производят бетонирование. Подачу бетонной смеси осуществляют бетононасосом или бункером. После набора прочности опорные стойки демонтируют.

Основываясь на представленных разработках, можно прогнозировать дальнейшее развитие несъемной опалубки для перекрытий. В совокупности элементы опалубки обладают следующими особенностями: конструкции выполнены из отдельных модулей; используется бетон, металл или пластик; системы закрепляются механическим способом за счет деталей конструкции, используются соединения в виде наложения, «шип и паз», после монтажа конструкции осуществляется бетонирование. Все конструкции обеспечивают возможность возведения перекрытий малоэтажных зданий в стесненных условиях [7]. Однако каждая из них предусматривает использование поддерживающих приспособлений, грузоподъемных механизмов, средств для подачи и укладки бетонной смеси, выполнения дополнительных работ по устройству опорного каркаса. На основании вышеуказанных особенностей в данной статье предлагается техническое описание перспективной опалубочной системы.

Перспективная опалубочная система для возведения перекрытий малоэтажных зданий должна обладать следующими преимуществами: небольшая масса отдельных элементов; использование доступных материалов (металл, легкий бетон или пластик) модульность, малое количество типоразмеров; возможность монтажа без применения кранового оборудования ручным способом; достаточная прочность и устойчивость, отсутствие потребности в использовании временных поддерживающих приспособлений; возможность реализации изоляционных функций в объеме опалубки.

Таковыми качествами может обладать несъемная опалубка в виде набора инвентарных блоков из легкого бетона, образующих путем механического соединения прочное основание для устройства монолитного перекрытия. Каждый опалубочный блок представляет собой полый параллелепипед со смещенными основаниями на двух смежных сторонах которого выполнены трапециевидные клинья и пазы под них.

ВЫВОДЫ

Совершенствование решений несъемной опалубки актуально для современного строительства. Возможность совмещения различных технических решений таких как модульность, совмещение опалубочного блока с пустотообразователем плиты перекрытия,

применение эффективных материалов и интегрированных в изделия механизмов закрепления, выполненных из основного материала изделия, позволяют создать высокопроизводительную строительную конструкцию для решения большинства задач в малоэтажном строительстве. Преимущества несъемной опалубки выражающиеся в удешевлении и ускорении производства бетонных работ из-за отсутствия операций по распалубливанию конструкций и сокращению объемов укладываемого бетона дают также дополнительные возможности использовать менее квалифицированную рабочую силу для монтажа изделий за счет встроенных в изделие контролеров без потери качества готовой конструкции. Однако наряду с описанными выше достоинствами ни одно из рассмотренных выше решений не может в полной мере избавиться от некоторых основных черт классической опалубки перекрытий. Недостаток несущей способности на этапах монтажа предполагает использование поддерживающих стоек. Профильные стальные конструкции требуют дополнительного армирования и подачи смеси бетононасосами или бункерами для бетона. Полые блоки и балки ввиду своих массы и габаритов нуждаются в грузоподъемных механизмах и не могут быть смонтированы ручным способом. Для решения данных недостатков обозначен дальнейший путь развития в сфере данных технологий. Предложенное в статье техническое решение перспективной несъемной опалубки перекрытия позволит исключить недочеты существующих систем и развить плацдарм для дальнейших исследований в данном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gai X., Darby A., Ibell T, Evernden M.; Experimental investigation into a ductile FRP stay-in-place formwork system for concrete slabs; *Construction and Building Materials*. 2013. №49. pages. 1013-1023.
2. Pavel Medvedev, Evgeniy Pugach, Pavel Gaidukov; Design Of Wooden Formwork For Brick Vaults; WMCOUS 2018-22 June, 3rd World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium; Prague 2018.
3. Патент Китай CN2709558U; Zhejiang Gongshang Chu; Сборное покрытие из полого блока.
4. Патент Франция; FR2784124; Jean Levavasseur; BreeseMajerow icz SIMONNOT; France patent.
5. Патент Южная Корея KR101544039; Kim, Kyu Han; Block for blocking coastal flow/ Блок для предотвращения эрозии берега.
6. Патент РФ Ru166521U1; монолитная плита перекрытия для больших пролётов, 2016117349/03.
7. Honickman, Hart; Noah.Queen's University (Canada); Pultruded GFRP sections as stay-in-place structural open formwork for concrete slabs and girders; ProQuest Dissertations Publishing, 2008.ID250786277.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ И ЕЁ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.Д. Жуков¹, В.М. Бесфамильная², А.М. Минаева³, Д.А. Колесова⁴

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lj211@yandex.ru

²besv99@mail.ru

³20anna00@list.ru

⁴dasha.kolesova036@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается актуальная ситуация применения технологии 3D-печати с помощью бетонов за рубежом (Китае, США, Италии и Франции, Германии) и перспективы реализации этих технологий в России. За рубежом, технологии двух- и трехмерной печати применяются как на строительных площадках при строительстве зданий и сооружений, так и при изготовлении строительных деталей, а также декоративных садово-парковых форм в заводских условиях. Применение 3D-печати бетоном даёт более широкий спектр возможностей для создания уникальных элементов или самих зданий. Также возможно применение технологии для воссоздания элементов зданий, например лепнины.

Объемная (3D) или плоскостная (2D) печать бетоном и обладает рядом преимуществ, таких как высокая скорость выполнения строительно-монтажных работ и изготовления конструкций заданных форм и размеров, малое количество обслуживающего персонала, высокая степень автоматизации производства и возможность использования современных IT-технологий, снижение затрат на строительно-монтажные работы.

Малое количество специализированных организаций, недостаточное количество информации о применении технологии, а также отсутствие доверия крупных строительных компаний из-за отсутствия уверенности в прохождении государственной экспертизы не позволяют использовать эту технологию повсеместно.

Технический результат, который является главной целью исследований, это расширение арсенала технических средств за счет получения модифицированного полимерцементного композиционного мелкозернистого цементного бетона для 3D печати с требуемыми для трехмерной печати технологическими свойствами: высокой прочностью на сжатие, высокой прочностью адгезионного шва, низкими деформационными показателями, регулируемые сроки схватывания.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, строительная печать, добавки модификаторы, прочность при сжатии, бетонная смесь, компьютерное моделирование

ВВЕДЕНИЕ

Строительная трех- или двухмерная печать для многих стран уже стала обыденным способом организации ведения работ, изготовления деталей или малых архитектурных форм для фасадов, интерьеров или открытых площадок. В европейских странах, на американском континенте, в Китае и Японии ведутся работы по разработке составов и технологий бетонов и растворов, композиционных вяжущих, работы по совершенствованию методов проектирования, программного обеспечения, по созданию соответствующих принтеров, позволяющие реализовать данную технологию на практике. В России технологии печатного бетона находятся на самых ранних стадиях развития.

3D-печать бетоном представляет собой создание единичных и мелкосерийный бетонных и железобетонных изделий при помощи специализированных станков с числовым программируемым управлением (3D-принтеров) на основе файлов, созданных в специализированных системах автоматизированного проектирования и программах для

ЭВМ. Создание изделия представляет послойное наложение бетонной смеси и раскладку элементов армирования.

Реализация технологий трех- или двухмерной печати изделий или конструкций из бетона не в коем случае не предполагает отказ от традиционных способов ведения работ, а главным образом дополняет их. Это так же относится и к системам дополнительной теплоизоляции строительных конструкций, в том числе и к системам фасадным теплоизоляционным композиционным (СФТК), применяемым и достаточно широко в отечественном строительстве.

Внедрение технологий печатного бетона содержит следующие компоненты: материаловедческую, технологическую монтажную, аппаратную и связанную с программным обеспечением и графическим выполнением проектов. Материаловедческая компонента включает факторы, обусловленные использованными типами, бетонов, их армирования, введения корректирующих добавок. Заслуживают также внимания проводимые исследования по возможности использования отходов строительного производства (и вторичного бетона) в составе печатных композиций [1–3].

3D-печать бетоном и обладает рядом преимуществ, таких как высокая скорость создания единичного уникального изделия, малое количество персонала необходимое для работы, снижение себестоимости дома и возможность использования любого состава бетона. Однако, малое количество специализированных организаций, недостаточное количество информации о применении технологии, а также отсутствие доверия крупных строительных компаний из-за отсутствия уверенности в прохождении государственной экспертизы не позволяют использовать эту технологию повсеместно.

Практика показывает, что любая технология проходит одинаковый путь развития, но не всё и не всегда эта находит своё применение на практике. Технология 3D-печати уже используется в медицине. От качества бетонных конструкций в здании жизнь зависит не меньше, чем от протеза. Однако, и в медицине, и в строительстве, успеха достигает та организация, которая внедряет новейшие достижения.

Целью исследований, результаты которых изложены в статье была изучение ситуации с применением печатного бетона в мире и в строительном комплексе России и разработка рецептур мелкозернистого бетона для печатных растворов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ информационных источников показывает, что основным материалам, используемым при объемной или плоскостной печати, является модифицированный мелкозернистый бетон. В бетон вводят стеклянную и полиэфирную фибру. Фиброволокно армирует бетон изнутри, не позволяет появляться трещинам, да и прочность значительно увеличивает.

С одной стороны, бетонные смеси должны обладать требуемыми для трехмерной печати технологическими свойствами: высокой прочностью на сжатие, высокой прочностью адгезионного шва, низкими деформационными показателями, регулируемые сроками схватывания.

С другой стороны, бетононасосный принцип транспортирования и подачи смеси в головку принтера так же является формирует определенные требования к свойствам смеси. Смеси должны удовлетворять ряду технологических требований, в числе которых: высокая подвижность, повышенная связность и нераслаиваемость смеси. Сложность контроля технологических факторов, влияющих на свойства перекачиваемых бетонных смесей и достижение показателей качества печатного бетона, обуславливают невозможность проектирования их состава по ГОСТ 27006–2019 «Бетоны. Правила подбора состава» и требуют индивидуального подхода [4, 5].

Для реализации цели, поставленной на данном этапе исследований, были проведены серии экспериментов на основе использования методов математического планирования. В состав смеси для 3D-мелкозернистого модифицированного бетона входили: портландцемент,

поливинилацетатная дисперсия, песок, жидкое стекло, щелочестойкое стекловолокно, суперпластификатор и вода. В качестве варьируемых факторов приняты: расходы жидкого стекла (X_1) в интервале от 1,6 до 2,4%, суперпластификатора (X_2) 0,05...0,07%, рубленного щелочестойкого стеклянного волокна (X_3) – от 0,6 до 1,0% и поливинилацетатной дисперсии 2,2...2,6%. Остальные компоненты принимались постоянными: расход портландцемента – 38%, песка (Мк 2,5) 55%, остальное – добавки. В качестве функции отклика принята прочность при сжатии образцов мелкозернистого модифицированного бетона (Y). Содержание портландцемента и песка было принято постоянным (соответственно 30% и 60%), расход воды устанавливался исходя из требуемой подвижности бетонной смеси с введенными добавками и составлял $V/T = 0,12...0,20$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ результатов осуществлялся методом локальной оптимизации, разработанным в НИУ МГСУ [6, 7]. В основу этого метода положены два утверждения. Во-первых, полученная математическая модель адекватно описывает изучаемый процесс, что подтверждается проверкой статистических гипотез. Во-вторых, полученная модель является алгебраическим уравнением (функцией нескольких переменных), к которому применимы методы математического анализа, и, в частности, решения задач поиска локального экстремума функции.

Реализация эксперимента и статистическая обработка результатов позволила установить математическую зависимость влияния варьируемых факторов на прочность модифицированного мелкозернистого бетона для 3D-печати (3D-мелкозернистого модифицированного бетона, или 3D-ММБ). С учетом оценки значимости коэффициентов, проведенной по доверительному интервалу $\Delta b = 0,8$, уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 38,1 + 2,2X_1 + 3,1X_2 + 2,6X_3 + 1,8X_2X_3 - 1,2X_1^2$$

Экспериментально установлено, что влияние поливинилацетатной дисперсии на прочность при сжатии образцов в возрасте 28 суток незначительно и меньше доверительного интервала, характеризующего статистическую ошибку эксперимента. Увеличение расходов суперпластификатора и стеклянного рубленного волокна способствует увеличению прочности (коэффициенты при X_2 и X_3). При этом, при средних значениях расходов этих компонентов имеет место синергетический эффект (коэффициент при X_2X_3), обусловленный, предположительно, лучшей смачиваемостью и соответственно лучшей адгезией стеклянных волокон к бетонной матрице в присутствии суперпластификатора.

Влияние расхода жидкого стекла носит экстремальный характер: при увеличении его расхода прочность 3D-ММБ сначала возрастает, а потом начинает снижаться (коэффициенты при X_1 и X_1^2). Чтобы определить оптимальный расход жидкого стекла использован метод локальной оптимизации:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 2,2 - 2,4X_1 = 0 \rightarrow X_1 = \frac{2,2}{2,4} = 0,92$$

В натуральном выражении оптимальный расход жидкого стекла составит: $2,0 + 0,2 \times 0,92 = 2,1...2,2\%$.

Используя полученное оптимизационное решение, получаем окончательный вид оптимизированной функции $Y = f(X_1, X_2, X_3)$ при X_1 равном 0,92:

$$Y_{X_1=0,92} = 39,1 + 3,1X_2 + 2,6X_3 + 1,8X_2X_3$$

Графическая интерпретация полученной оптимизированной функции (рис. 1) может быть использована для определения оптимальных расходов суперпластификатора и стеклянного рубленного щелочестойкого волокна в зависимости от установленной

прочности 3D-ММБ. С помощью этой номограммы может решаться и обратная задача: прогнозирование прочности материала в зависимости от расходов. Полученные расчетные значения должны проверяться в сериях натуральных экспериментов с последующей коррекцией данных.

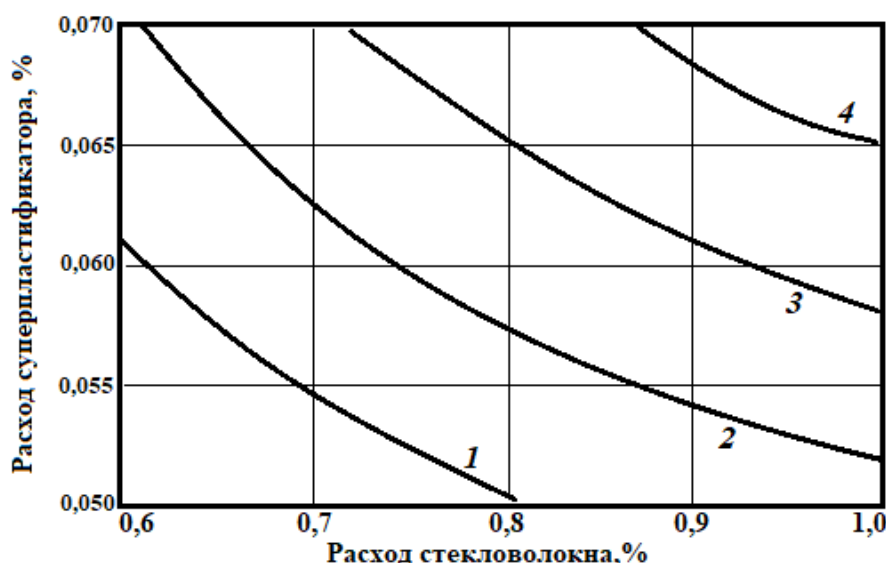


Рис. 1. Номограмма для определения расхода добавок и прогнозирования прочности при сжатии в возрасте 28 сут. 3D-ММБ: 1 – 38 МПа; 2 – 40 МПа; 3 – 42 МПа; 4 – 44 МПа. Расход жидкого стекла 2,1...2,2%.

ВЫВОДЫ

Обзор аппаратного и технологического обеспечения методов строительной трехмерной печати показывает, что многие страны уже активно используют технологии объемной или плоскостной печати и изготовления бетонных изделий различной конфигурации, а также изготовления несущих и ограждающих конструкций в построечных условиях. В России рассматриваемый комплекс технологий находится на ранних стадиях развития; при этом накапливается опыт и в технологической организации производства и в материаловедческой области и технологиях бетона.

Основой большинства исследований, проводимых как в России, так и за рубежом является обращение к мелкозернистому цементному модифицированному бетону. Бетонные смеси, с одной стороны должны обладать характеристиками, обеспечивающими их доставку к формовочному узлу (головке принтера), а с другой стороны, должны обладать требуемыми для трехмерной печати технологическими свойствами: высокой прочностью на сжатие, высокой прочностью адгезионного шва, низкими деформационными показателями, регулируемые сроки схватывания. Исходя из этого авторами был изучен вопрос возможности применения активных синтетических и волокнистых добавок для коррекции характеристик мелкозернистого бетона а портландцементе. По результатам эксперимента и реализации оптимизационных решений разработана номограмма для выбора добавок для мелкозернистого модифицированного цементного бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ivanov L.A. Establishment of technological startups based on research and development (interview with Polad Malkin, researcher and developer Ph.D., professor, serial technology entrepreneur, CEO of «StartUpLab»). *Nanotechnologies in Construction*. 2019, Vol. 11, no. 2, pp. 207–216. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-207-216.
2. Жук П.М., Жуков А.Д. Нормативная правовая база экологической оценки строительных материалов: перспективы совершенствования // *Экология и промышленность России*. 2018. Т.22, №4, С. 52–57. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-4-52-57.

3. Julia Shekhovtsova, Igor Zhernovsky, Maxim, Kovtun, Natalia Kozhukhova, Irina Zhernovskaya, Elsabe P Kearsley Estimation of fly ash reactivity for use in alkali-activated cements - a step towards sustainable building material and waste utilization // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 178. P. 22–33 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.270>
4. Юлия Шеховцова, Игорь Жерновский, Максим, Ковтун, Наталья Кожухова, Ирина Жерновская, Эльсабе П. Кирсли Оценка реакционной способности летучей золы для использования в щелочно-активированных цементах - шаг к устойчивому использованию строительных материалов и отходов // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Т. 178. С. 22–33 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.270>
5. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Хирхасова В.И. Целлюлоза в бетоне: новое направление развития строительной нанотехнологии // *Строительные материалы*. 2020. № 7. С. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-782-7-39-44>
6. Л.И., Каклюгин А.В., Гикало М.А., Трищенко И.В. Особенности состава бетонных смесей для бетононасосной технологии // *Строительные материалы*. 2020. № 3. С. 4–11. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-779-3-4-11>
7. Ryataev E.R., Pilipenko E.S., Burtseva M.A., Mednikova E.A., Zhukov A.D. Composite material based on recycled concrete. FORM 2018. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **032015**(2018) doi:10.1088/1757-899X/365/3/032041.
8. Zhukov A., Shokodko E. (2020) Mathematical Methods for Optimizing the Technologies of Building Materials. In: Popovic Z., Manakov A., Breskich V. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1116. Pp. 413-421. Springer, Cham. First Online 31 January 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_40

ВСПЕНЕННЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН В СИСТЕМАХ ИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.Д. Жуков¹, К.А. Тер Закарян², В.И. Кращенко³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, lj211@yandex.ru

²ООО «ТЕПОФОР», 105318, г. Москва, ул. Щербаковская, д.3, оф. 606, karo73@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, Vladisimos@mail.ru

Аннотация

В статье, рассматриваются различные возможности применения изделий на основе пенополиэтилена (матов, рулонных изделий и цилиндров) в системах изоляции общестроительных объектов (жилых зданий, складов, хранилищ, ангаров), а также объектов жилищно-коммунального хозяйства: систем изоляции трубопроводов.

Системы изоляции трубопроводов являются наименее изученными, поэтому к разработке методики их расчета уделялось особое внимание. На примере применения изделий на основе пенополиэтилена, приведены основные положения расчета толщины теплоизоляции трубопровода по величине нормативной плотности теплового потока. Расчет теплового потока с поверхности теплоизоляционной конструкции проводят, если существует необходимость в определении тепловых потерь (или потери холода) при заданной толщине теплоизоляционного слоя. Основой для расчета является математическая модель теплопереноса, разработанный алгоритм расчета и программа для ЭВМ.

Разработанная методика расчета толщины теплоизоляционного слоя по заданному (нормативному) тепловому потоку может являться основой для построения модели оценки энергетической эффективности изоляции трубопроводов диаметром до 1000 мм. Не зависимо от способа изоляции. Тип и вид теплоизоляционных изделий может быть любым, а выбор материала определяется только условиями эксплуатации и требованиями по эксплуатационной стойкости и по возможному выделению вредных веществ (при изоляции внутри помещений).

ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая эффективность и энергосбережение являются одной из приоритетных программ развития отечественной строительной индустрии. Современный этап технологического развития также предъявляет дополнительные требования по энергоэффективности, надежности, экологичности [1, 2]. Требования по энергетической эффективности являются актуальными также для объектов жилищно-коммунального хозяйства, в том числе и для тепловых сетей.

Определяющим компонентом энергетической эффективности тепловых сетей является сбережение тепла, которое, в свою очередь, зависит от типа теплоизоляционного материала, его теплопроводности, толщины теплоизоляционного слоя и способов монтажа такой системы. В качестве теплоизоляционных материалов используются изделия на основе каменной ваты, пенополиуретана, экструзионного пенополистирола, вспененного каучука и пенополиэтилена [3, 4]. Каждый тип материала используется в своих температурных диапазонах эксплуатации и в условиях контакта с окружающей средой, а также в ценовом диапазоне.

Для правильного выбора и реализации системы изоляции трубопроводов является назначением оптимальной толщины теплоизоляционного слоя, расчет которого может

осуществляться различными методами. Необходимая толщина теплоизоляционного слоя может быть определена по нормативной плотности теплового потока. Расчет теплового потока с поверхности теплоизоляционной конструкции проводят, если необходимо определить тепловые потери (или потери холода) при заданной толщине теплоизоляционного слоя из пенополиэтиленовых изделий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вспененный полиэтилен является изоляционным материалом, применение которого в строительстве расширяется, что обусловлено его несомненными достоинствами: низкими теплопроводностью, паропроницаемостью и водопоглощением, удовлетворительными прочностными характеристиками и высокой эксплуатационной стойкостью. Особенности этого материала являются горючесть и низкая стойкость к ультрафиолетовому воздействию (интенсивное солнечное облучение). Учет этих особенностей при проектировании систем изоляции обязателен [5–7].

Изделия на основе вспененного полиэтилена (трубки, листы, рулоны) используют в системах изоляции трубопроводов тепловых сетей систем отопления, горячего и холодного водоснабжения и других технологических системах. В системах изоляции помимо основных изолирующих материалов используются также вспомогательные и комплектующие материалы (аксессуары): покровные материалы (гибкая оболочка и металлическая оболочка), шовный клей, армированная самоклеящаяся лента, герметик, бандаж, саморезы и др.

Необходимая толщина теплоизоляционного слоя может быть определена по нормативной плотности теплового потока.

Расчет теплового потока с поверхности теплоизоляционной конструкции проводят, если необходимо определить тепловые потери (или потери холода) при заданной толщине теплоизоляционного слоя из пенополиэтиленовых изделий.

Линейная плотность теплового потока с 1 м длины цилиндрической теплоизоляционной конструкции (q_l , Вт/м) рассчитывают по формуле:

$$q_l = \frac{t_T - t_0}{R_{Вн}^l + R_{Ст}^l + R_{Из}^l + R_H^l} \quad (1)$$

где: $R_{Вн}^l$ – линейное термическое сопротивление теплоотдаче от вещества к внутренней поверхности стенки плоского изолируемого объекта, (м·°C)/Вт; $R_{Ст}^l$ – линейное термическое сопротивление теплопередаче стенки плоского изолируемого объекта, (м·°C)/Вт; $R_{Из}^l$ – линейное термическое сопротивление плоского слоя изоляции, (м·°C)/Вт; R_H^l – линейное термическое сопротивление теплоотдаче от наружной поверхности плоской теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху, (м·°C)/Вт.

Тепловой поток с поверхности изолируемого трубопровода определяется площадью этой поверхности (рассчитываемый через наружный диаметр теплоизоляционного слоя) и толщиной теплоизоляции. При диаметрах трубопровода более 1 м, поверхность теплоотдачи становится более чем значимым фактором, определяющим потери тепла. Это факт изменяет граничные условия, делая неприменим принятую методологию. Поэтому в статье рассматриваются только трубопроводы диаметр которых не превышает 1000 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование математического аппарата теплопереноса и решения уравнения для теплового потока через многослойный цилиндр при заданных граничных условиях позволило получить систему уравнений, позволяющую определить толщину теплоизоляционного слоя по заданной плотности теплового потока с поверхности теплоизоляции для трубопроводов и оборудования с наружным диаметром 1400 мм и менее:

$$\ln\left(\frac{d_{\text{тр}} + 2\delta_{\text{из}}}{d_{\text{тр}}}\right) = 2\pi\lambda_{\text{из}}K\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{о}}}{q}\right) = C \quad (2)$$

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{тр}}}{2}(\exp(C) - 1) \quad (3)$$

λ – теплопроводность теплоизоляции, с учетом п.10.2.4 СТО принимаем равной 0,04 Вт/(м·К); K – коэффициент дополнительный потерь, согласно п.10.2.3 СТО (табл. 1.3) принимаем равным 1,05; q – плотности теплового потока, принимаем согласно СП 61-13330-2012 табл. 4 и 5; $t_{\text{в}}$ – расчетная температура теплоносителя (вещества): для обратного трубопровода – 50 °С; для прямого трубопровода 65 °С; $t_{\text{о}}$ – температура среды в помещении, 18 °С; $d_{\text{тр}}$ – наружный диаметр трубопровода, мм; C – константа, получаемая в результате промежуточных вычислений.

Следующим этапом стало формирование алгоритма и разработка программы для ЭВМ, позволяющей осуществить расчет толщины теплоизоляционного слоя в зависимости от: теплопроводности теплоизоляции (λ , Вт/(м·К)); расчетной температуры теплоносителя ($t_{\text{в}}$, °С); наружного диаметра трубопровода ($d_{\text{тр}}$, мм) и плотности теплового потока (q , Вт/м).

Расчет толщины теплоизоляции, проведенный, по нормативной плотности теплового потока, принимаемой согласно Своду Правил СП 61-13330-2012, позволил получить значения оптимальных толщин тепловой изоляции трубопроводов наружным диаметром от 22 до 1000 мм. Температура теплоносителя в прямом трубопроводе принималась равной 65 °С, а в обратном трубопроводе: 50 °С. Результаты расчета представлены в табл. 1. Значения плотностей потоков при 65 °С были получены интерполяцией значений плотностей потоков между 50 и 100 °С.

Таблица 1. Оптимальная толщина теплоизоляции

Условный проход трубопровода, мм	Наружный диаметр трубопровода, мм	Норма плотности потока тепла по при $t_{\text{в}}$, °С			Толщина теплоизоляции, мм при $t_{\text{в}}$, °С	
		50	100	65	50	65
15	22	6	14	8,4	32	36
20	28	7	16	9,7	32	36
25	35	8	18	11,0	32	36
40	48	9	21	12,6	36	38
50	60	10	23	13,9	39	42
65	76	12	26	16,2	39	43
80	89	13	28	17,5	40	46
100	110	14	31	19,1	44	49
125	133	16	35	21,7	45	51
150	160	18	38	24,0	46	54
200	219	22	46	29,2	50	57
250	273	26	53	34,1	51	59
300	325	29	60	38,3	52	62
350	377	33	66	42,9	53	63
400	426	36	72	46,8	54	64
450	473	39	78	50,7	54	64
500	530	43	84	55,3	54	66
600	630	49	96	63,1	56	66
700	720	55	107	70,6	58	68
800	820	61	118	78,1	59	70
900	920	67	130	85,9	60	70
1000	1020	74	141	94,1	61	71

Толщина теплоизоляционного материала и диаметр трубопровода предполагают различные приемы монтажа изоляционной оболочки.

В теплоизоляционных конструкциях на трубопроводах в качестве тепловой изоляции следует применять теплоизоляционные изделия в виде трубок, а в случае отсутствия в выпускаемой номенклатуре трубок нужного типоразмера – теплоизоляционные изделия в виде рулонов.

Крепления теплоизоляционных изделий на трубопроводах в зависимости от вида материала должны быть выполнены рекомендуемым производителем способом. Для крепления трубок на трубопроводах продольные и поперечные швы изделий следует склеить контактным клеем, рекомендованным производителем. Рекомендуется дополнительно проклеить швы изделий армированной самоклеящейся лентой.

В многослойных теплоизоляционных конструкциях, предназначенных для трубопроводов, установку второго и последующего слоев тепловой изоляции выполняют с перекрытием швов каждого предыдущего слоя. Швы всех слоев тепловой изоляции склеивают контактным клеем. Рекомендуется дополнительно проклеивать швы наружного слоя армированной самоклеящейся лентой.

ВЫВОДЫ

Пенополиэтилен имеет не только низкую плотность и теплопроводность, но и низкие водопоглощение и паропроницаемость. Системы строительной изоляции с применением пенополиэтилена нашли широкое применение в строительной практике. Листы и рулоны из пенополиэтилена (с фольгированным или металлизированным покрытием, а также без покрытия) применяют в изоляционных оболочках каркасных зданий и коттеджей, при изоляции бескаркасных сооружений, при сооружении теплых складов, хранилищ сельхозпродуктов, помещений для содержания скота. Одним из перспективных направлений использования этого материала является строительство в северных регионах, где потребность в эффективной изоляции, стойкой к морозным явлениям и инертной к влажности воздуха и воде является насущной необходимостью.

Разработанная методика расчета толщины теплоизоляционного слоя по заданному (нормативному) тепловому потоку может являться основой для построения модели оценки энергетической эффективности изоляции трубопроводов диаметром до 1000 мм. Не зависимо от способа изоляции. Тип и вид теплоизоляционных изделий может быть любым, а выбор материала определяется только условиями эксплуатации и требованиями по эксплуатационной стойкости и по возможному выделению вредных веществ (при изоляции внутри помещений)

Тепловой поток с поверхности изолируемого трубопровода определяется площадью этой поверхности (рассчитываемый через наружный диаметр теплоизоляционного слоя) и толщиной теплоизоляции. При диаметрах трубопровода более 1 м, поверхность теплоотдачи становится более чем значимым фактором, определяющим потери тепла. Это факт изменяет граничные условия, делая неприменим принятую методологию. Поэтому в статье рассматриваются только трубопроводы диаметр которых не превышает 1000 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gnip I.J., Keršulis V.J., Vaitkus S.J. Predicting the deformability of expanded polystyrene in long-term compression. *Mechanics of Composite materials*. 2005; 41(5):407–414.
2. Rumiantcev B.M., Zhukov A.D., Zelenshikov D.B., Chkunin A.S., Ivanov K.K., Sazonova Yu.V. Insulation systems of the building constructions / *MATEC Web of Conferences*. Vol. 86 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168604027>.
3. Zhukov A.D., Ter-Zakaryan K.A., Semenov V.S. Insulation systems with the expanded polyethylene application. *Science Direct IFAC Paper On Line Volume 51, Issue 30, 2018, Pages 803-807*. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.191.

4. Zhukov A. D., Ter-Zakaryan K.A., Semenov V.S., Kozlov S.D., Zinovieva E.A. and Fomina E.D. Insulation systems for buildings and structures based on polyethylene foam. IPICSE. Published online: 14 December 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825101014>.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Математическая модель и инженерный метод расчета влажностного состояния конструкций // Academia. Архитектура и инженерия. М. 2006. № 2. pp. 60–63 с.
6. Pilipenko A., Bobrova E. and Zhukov A. Optimization of plastic foam composition for insulation systems. 02017 // Published online: 02 April 2019. TPACEE 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102017>
7. Zhukov A., Dovydenko T., Kozlov S., Ter-Zakaryan K. and Bobrova E. Innovative technologies for low-rise construction. 02032 // Published online: 02 April 2019. TPACEE 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102032>

ИНЪЕКЦИОННЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНОГО КРЕМНЕЗЁМА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛЫВУННЫХ ГРУНТОВ

К.А. Исрафилов¹, Д.В. Газданов², И.Я. Харченко³

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Israfilov.kamal05@mail.ru

² ООО «Белспецстрой», gazdan-94@mail.ru

³ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, iharcenko@mail.ru

Аннотация

Авторами выполнены экспериментальные исследования инъекционных смесей на основе коллоидного кремнезема для определения оптимального соотношения применяемых компонентов и режимов их приготовления для стабилизации и упрочнения плывунных грунтов.

ВВЕДЕНИЕ

Освоение подземного пространства г. Москвы осуществляется в крайне сложных инженерно-геологических условиях плотной городской застройки, характеризующихся наличием мощных водоносных горизонтов с водовмещающими породами, представленными песчаными грунтами различной крупности, с включением пылеватых и глинистых компонентов. При этом, наибольшую сложность представляет собой строительство и эксплуатация подземных сооружений в условиях водонасыщенных неустойчивых грунтов, обладающих плывунными свойствами. Особенностью этих грунтов является практически мгновенный переход в подвижное состояние, т.е. его тиксотропное разжижение, под влиянием незначительных динамических или вибрационных воздействий в связи с отсутствием в них каких-либо структурных связей. Следствием этого является интенсивный вынос значительных масс грунта в объём строящегося тоннельного сооружения или котлована, сопровождающийся значительными осадками дневной поверхности, сверхнормативными деформациями зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния строительства. Ликвидация этих последствий связана со значительными финансовыми затратами, а также существенными задержками сроков строительства.

Эффективным решением этой проблемы является струйная цементация или пропиточная инъекция в режиме управляемого компрессионного микрогидроразрыва с применением инъекционного материала на основе смеси коллоидного кремнезёма и активатора твердения. Это позволяет обеспечить формирование структурных связей с достаточно равномерным их распределением по объёму формируемого массива грунта. В процессе реакции гидратации образуются гидросиликаты кальция, характеризующиеся большой удельной поверхностью. При этом структура плывунного грунта стабилизируется в связи с химическим связыванием грунтовой воды, а также физико-химическим связыванием воды, адсорбирующейся на поверхности гидросиликатов кальция. Кроме того, образующиеся продукты гидратации обеспечивают стабилизацию плывунного грунта вследствие физического эффекта «сшивания» структуры образовавшимися продуктами гидратации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лабораторное исследование составов инъекционных смесей на основе коллоидного кремнезема выполнялись с целью определения оптимального соотношения применяемых компонентов и технологии приготовления смесей для стабилизации и упрочнения грунтов.

Исследования проводились с применением математических методов планирования экспериментов. В качестве факторов влияния применялись: X1 - концентрация коллоидного кремнезёма (30...75%); X2 - весовое соотношение между коллоидным кремнезёмом и активатором (1,5...2,0); X3 - интенсивность перемешивания (1000...3000 об/мин); X4 – продолжительность перемешивания (60...360 сек).

Основным параметром, характеризующим технологичность применяемой инъекционной смеси, является её вязкость и время жизнеспособности, характеризующейся сроками загустевания.

Для оценки вязкости применялся метод падающего шарика, основанного на законе Стокса, согласно которому скорость свободного падения твердого шарика в вязкой неограниченной среде можно описать следующим уравнением:

$$V = \frac{2(d - \rho) r^2 g}{9\eta}$$

где V – скорость поступательного равномерного движения шарика вискозиметра;

r – радиус шарика;

η – динамическая вязкость;

d – плотность материала шарика;

ρ – плотность жидкости.

Необходимо отметить, что уравнение справедливо только в том случае, если скорость падения шарика вискозиметра постоянна. При этом необходимо учитывать возникающие поправки на конечные размеры цилиндрического сосуда вискозиметра с падающим шариком (высотой L и радиусом R цилиндра).

Для измерения вязкости испытуемую смесь заливают в цилиндр, опускают шарик и термостатируют вискозиметр при температуре $(20 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$. Далее шарик ставят в исходное положение. Включают секундомер, когда нижняя часть шарика коснется верхней метки, и останавливают, когда шарик достигнет нижней метки. Время движения шарика измеряют не менее 5 – 7 раз. При этом разность между наибольшим и наименьшим значениями времени движения шарика не должна превышать 0,5 % от его среднего значения.

Динамическую вязкость испытуемой инъекционной смеси вычисляют по формуле:

$$\eta = K(\rho_{ш.} - \rho_{ж.})t_{ср.}$$

где η – динамическая вязкость, мПа · с;

K – постоянная вискозиметра;

$\rho_{ш.}$ и $\rho_{ж.}$ – плотности шарика и жидкости соответственно, г/см³;

$t_{ср.}$ – среднее время движения шарика между крайними метками, с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение инъекционных методов с целью консолидации, уплотнения и упрочнения плавунных грунтов ограничивается размером зернового состава минеральных вяжущих, препятствующих распределению инъекционных систем в капиллярно-пористой структуре грунтов различного вида, либо ускоренным загустеванием инъекционных смесей после их приготовления. Оба эти недостатка отсутствуют при приготовлении и применении инъекционных смесей на основе коллоидного кремнезёма.

Общепризнано, что в химии силикатов, а также в химии растворов силикатов результат химического взаимодействия трудно свести только к ряду химических реакций в привычном формульном выражении. С одной стороны, это обусловлено сложным и иногда неустойчивым во времени полимерным составом раствора, который формально характеризуют силикатным модулем. С другой стороны, физико-химические процессы, сопровождающие взаимодействие компонентов развиваются в условиях некристаллического аморфного состояния продуктов реакции. Обычно они имеют нестехиометрический состав и развитую поверхность. Определяющую роль, в этом случае, играют адсорбционные явления. В этой связи, отличить адсорбцию от химических реакций не представляется возможным,

либо крайне затруднительно даже с применением современных методов физико-химических исследований. Другой особенностью химии растворов силикатов является то обстоятельство, что результат взаимодействия реагентов зависит не только от их химической природы, но и от ряда таких технологических факторов как порядка смешения компонентов, их начальной концентрации, интенсивности и продолжительности перемешивания, температуры и т.д. Эти факторы оказывают существенное влияние на развитие процессов гелеобразования на границе взаимодействия смешиваемых компонентов. Поэтому различные технологические приемы, используемые при обеспечении взаимодействия реагентов, могут играть решающую роль в создании инъекционных систем с заданными свойствами. Такими технологическими приемами, помимо перемешивания, могут быть предварительное растворение твердых реагентов в том же самом растворителе (например, в воде); их диспергирование; проведение гетерогенной реакции при непрерывном обновлении поверхности (например, в шаровой мельнице); растворение различных исходных реагентов в двух несмешивающихся растворителях с последующим эмульгированием и т. п. Реализация тех или иных технологических приёмов, оказывающих влияние на развитие этих реакций, является достаточно громоздким мероприятием и носит эмпирический характер, анализ результатов которых не позволяет установить общие закономерности и сводится, в конечном итоге, к фиксации бесконечного множества фактов. В данной работе предпринята попытка анализа результатов взаимодействия растворов силикатов с различными реагентами с целью установки основных закономерностей изменения вязкости, агрегации и структурной прочности продуктов взаимодействия.

Коллоидный кремнезём - суспензия кремнезёма в жидкой среде, в которой размеры частиц кремнезёма находятся в коллоидной области. При этом следует подразделять три вида агрегации частиц коллоидного кремнезёма- гелеобразование, коагуляцию и флокуляцию. Гелеобразование золя заключается в образовании цепочек (сеток) из связанных между собой частиц кремнезёма. При этом, концентрация кремнезёма остается постоянной по всему объёму золя. Золи из мелких частиц обычно сохраняют свою прозрачность, но характеризуются нарастающей во времени вязкостью. Заканчивается процесс полным структурированием и потерей подвижности. На ранних стадиях гелеобразования взаимодействие частиц носит обратимый характер и возможна пептизация геля, но образование силоксановых связей между частицами делает структурирование необратимым. При коагуляции происходит неупорядоченное агрегирование частиц кремнезёма. Для него характерно объединение частиц в более или менее крупные рыхлые агрегаты, что приводит к потере прозрачности и постепенной седиментации агрегатов. Флокуляция сопровождается неупорядоченной агрегацией частиц кремнезёма с участием сшивающих агентов, образующих мостики между ними. При высыхании такой системы, в отличие от коагуляции, создается весьма открытая структура, так как отсутствует непосредственное слипание частиц. Каждый из указанных видов агрегации частиц коллоидного кремнезёма позволяет решать различные задачи в геотехническом и подземном строительстве. Так например, развитие процесса гелеобразования позволяет обеспечить стабилизацию и упрочнение структуры водонасыщенных неустойчивых грунтов плавунного типа, что является крайне актуальной задачей при строительстве тоннельных и притоннельных сооружений различного назначения.

При этом, стабилизация структуры грунта обеспечивается не только за счёт образования силоксановых связей, распределённых в объёме грунта, но и за счёт физико-химического связывания свободной воды, находящейся в поровой структуре грунта, адсорбирующейся на поверхности продуктов гелеобразования. Процессы, развивающиеся при коагуляции или флокуляции частиц коллоидного кремнезёма, позволяют ликвидировать водопроявления через ограждающие конструкции подземных сооружений. На рис. 1 показано влияние рН реакционного раствора на интенсивность гелеобразования кремнезёма.

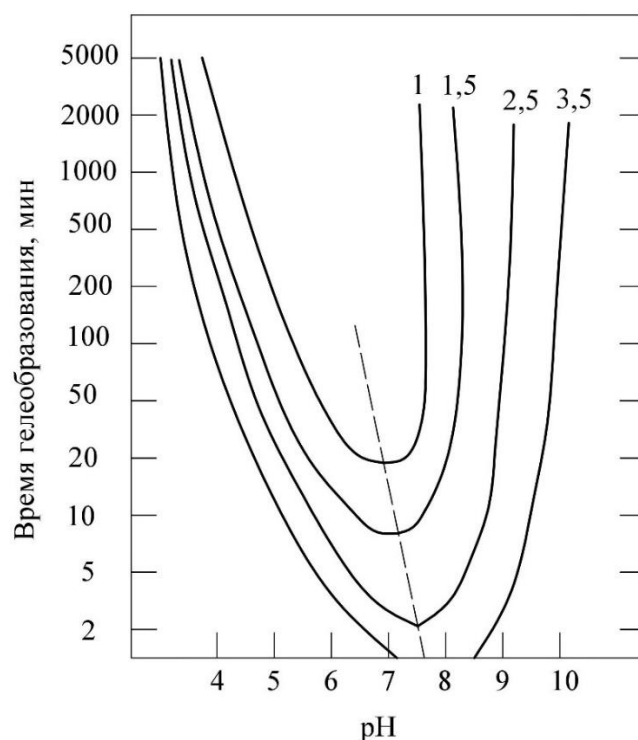


Рис.1. Зависимость времени гелеобразования от pH. Числа – концентрация SiO₂ %

Максимум интенсивности гелеобразования приходится на диапазон pH=5,5-7,5. При этом, наиболее полное и быстрое загустевание наблюдается при введении кислотного активатора в количестве, эквивалентном общей щелочности раствора коллоидного кремнезёма. Установлено, что введение раствора силиката в кислотный активатор, в зависимости от интенсивности и длительности перемешивания можно в значительном интервале регулировать время гелеобразования. Обратный порядок приготовления, т.е. введение активатора в раствор коллоидного кремнезёма, сопровождается быстрым образованием геля даже при медленном и непродолжительном перемешивании. Как следует из анализа результатов экспериментальных исследований, применение сильнокислотных активаторов, обуславливающее малую ионную силу раствора, позволяет управлять процессом гелеобразования более эффективно, чем адекватная нейтрализация щелочи кислотой в диапазоне pH=7-10. Изменение природы аниона в растворе, т.е. частичная замена гидроксильного иона анионом вводимой кислоты, имеет следствием меньшую потерю устойчивости системы, поскольку гидроксильный ион лучше любого другого аниона хемосорбируется на поверхности полимерных частиц, сообщая им отрицательный заряд, препятствующий их агрегации. В зависимости от способности аниона кислоты сорбироваться на поверхности кремнезема полная или частичная нейтрализация раствора щелочного силиката специально подобранной кислотой может иметь внешне различные результаты: выпадение объемистого аморфного осадка (коагуляция), образование студенеобразной массы (гелеобразование), помутнение раствора из-за образования микронеоднородностей в системе, сохранение прозрачного раствора с меньшим или большим изменением вязкости.

Концентрация раствора щелочного силиката оказывает существенное влияние на формирование осадка кремнезема при нейтрализации кислотами. При этом установлено, что с увеличением концентрации силикатного раствора, интенсивность и плотность гелеобразования возрастает. Разбавление растворов щелочных силикатов водой в общем случае уменьшает pH раствора и тем самым влияет на анионный состав раствора в сторону увеличения степени полимерности. Однако скорость этого изменения в большой степени зависит от силикатного модуля исходного раствора. В сильнощелочных системах все

изменения завершаются за несколько минут после разбавления, в то время как в высокомолекулярных системах процесс может существенно замедляться. Установлено, что увеличение концентрации щелочи всегда делает силикатную систему более динамичной.

Этому способствует увеличение ионной силы образующегося раствора и ослабление электростатического взаимодействия ионов. Естественно, чем выше силикатный модуль раствора, тем легче нарушается стабильность системы.

Анализ результатов выполненных исследований позволил установить закономерности, представленные на рисунках 1, 2

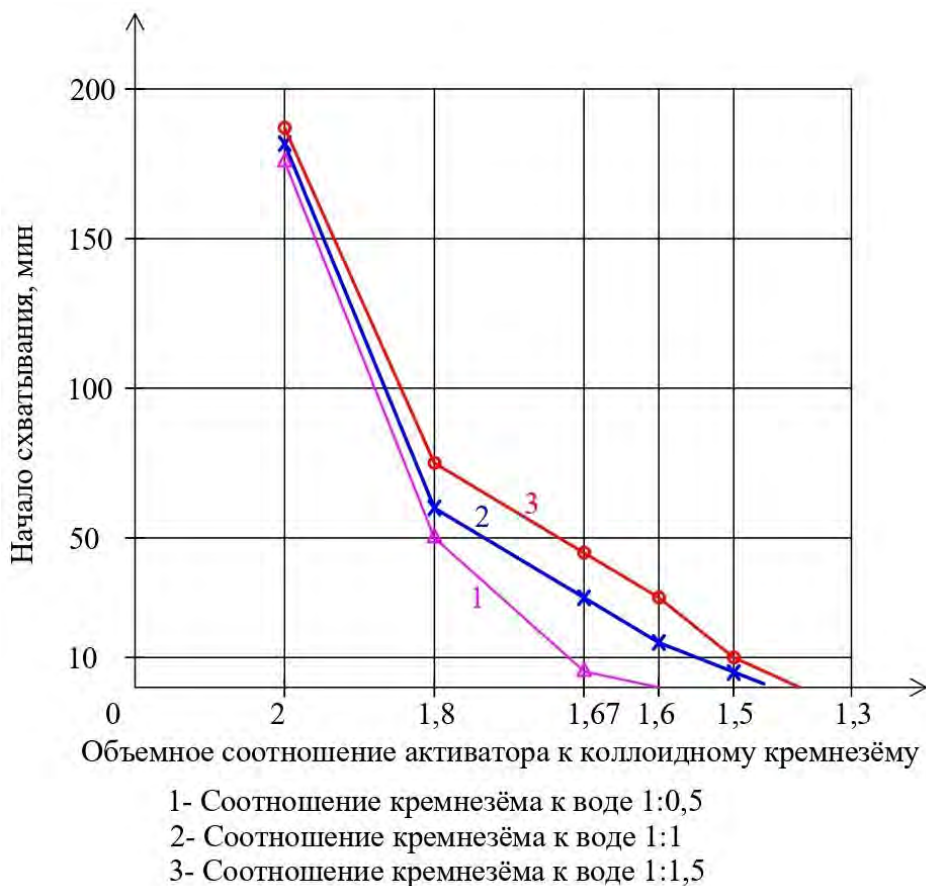


Рис.1. Влияние соотношения коллоидного кремнезёма и активатора на вязкость инъекционной смеси (время перемешивания 120 сек, при интенсивности перемешивания 1000 об/мин)

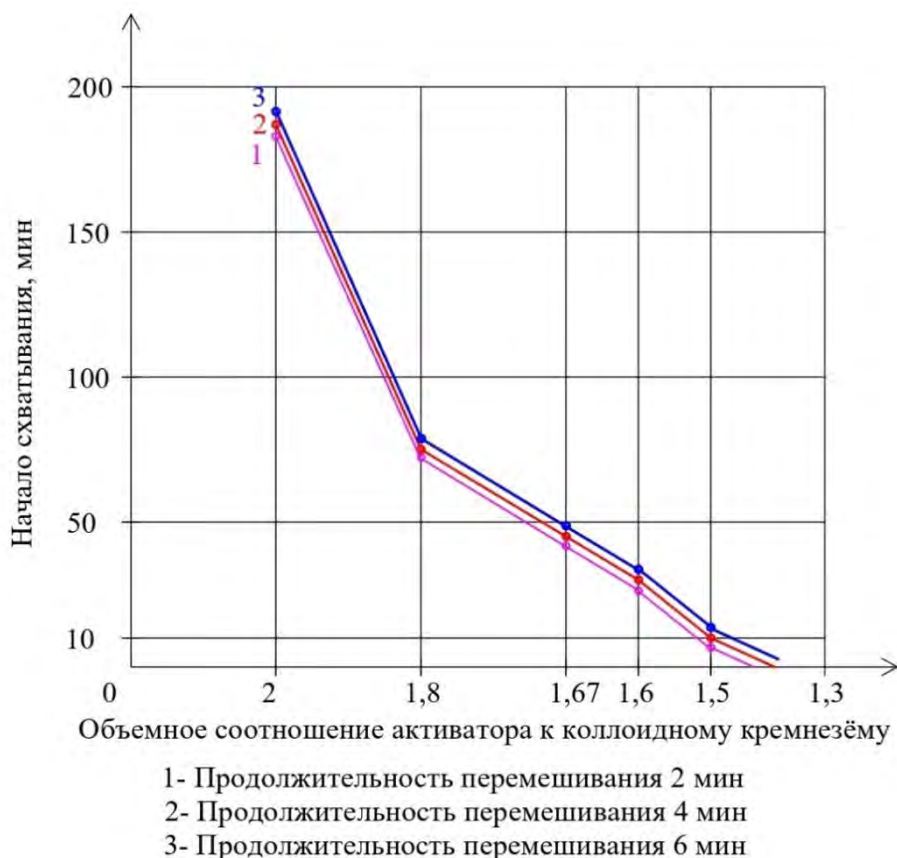


Рис.2. Влияние продолжительности перемешивания на вязкость инъекционной смеси (интенсивность перемешивания 1000 об/мин; соотношение кремнезёма к воде 1:1,5; концентрация коллоидного кремнезёма 55%)

На основании анализа результатов выполненных исследований установлено, что 55% концентрация коллоидного кремнезёма является оптимальной при весовом соотношении коллоидного кремнезёма и воды 1:1,5. В зависимости от требований технологического регламента, временем начала и конца схватывания инъекционной смеси можно управлять путём увеличения или уменьшения объемного соотношения между активатором и коллоидным кремнезёмом. Кроме того установлено, что увеличение продолжительности перемешивания более 120 сек практически не влияет на сроки начала гелеобразования.

Для определения влияния интенсивности перемешивания на сроки начала гелеобразования и для сравнения сроков начала гелеобразования при работе на большом и маленьком объеме было заготовлено 2 образца для двух серий испытаний. Образцы 1 серии перемешивались с интенсивностью 1000 об/мин, образцы 2 серии – с интенсивностью 3000 об/мин.

Результаты испытаний показывают, что интенсивность перемешивания практически не влияет на сроки начала гелеобразования, т.к. при интенсивности перемешивания 1000 об/мин и при 3000 об/мин время начала гелеобразования произошло через один и тот же промежуток времени. Однако, при интенсивности перемешивания 3000 об/мин наблюдается интенсивное пенообразование. В этой связи, для практического применения инъекционных смесей на основе коллоидного кремнезёма следует ограничить интенсивность перемешивания 1000 об/мин.

ВЫВОДЫ

В докладе представлен анализ результатов экспериментальных исследований влияния соотношения компонентов, интенсивности и продолжительности перемешивания компонентов на изменение реологических характеристик, седиментационную устойчивость и прочность инъекционной смеси на основе коллоидного кремнезёма. Установлено, что

процессы, развивающиеся при коагуляции или флокуляции частиц коллоидного кремнезёма, позволяют стабилизировать структуру плавунных грунтов.

Установлено, что оптимальной концентрацией коллоидного кремнезёма является 55%, при объемном соотношении активатора к коллоидному кремнезёму 1,8. При этом, изменением объемного соотношения активатора к коллоидному кремнезёму можно регулировать сроки начала и конца схватывания инъекционной смеси в зависимости от условий технологического регламента.

Экспериментально установлено, что 120 сек является оптимальной продолжительностью перемешивания и дальнейшее увеличение продолжительности не влияет на сроки начала гелеобразования. При этом, рекомендуемая интенсивность перемешивания 1000 об/мин. Результаты экспериментальных исследований являются основанием для разработки технологических регламентов на выполнение инъекционных работ по стабилизации плавунных грунтов строительстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазаев С.А.Ю., Нахаев М.Р., Аласханов А.Х. Инъекционное закрепление просадочных грунтов композиционными составами с тонкодисперсными наполнителями природного и техногенного происхождения (монография)// ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной университет имени академика М.Д. Миллионщикова», ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», ФГБУН Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук Академия наук Чеченской Республики. Махачкала, 2017.
2. Харун М.И., Коротеев Д.Д., Окольников Г.Э. Модифицированный грунт для строительства гражданских сооружений // Системные технологии, 2017. № 2 (23). С. 56-61.
3. Баженова О.Ю., Баженова С.И., Баженов М.И. Исследование некоторых свойств цементов с тонкодисперсной добавкой // Молодой ученый. 2013. № 10. С. 96-97.
4. Kozlova I.V., Bepalov A.E., Zemskova O.V. Modified composition for fixing sandy soils // Materials Science Forum. 2020. T. 992 MSF. С. 143-148.
5. Fatiha Bouchelaghem. Multi-scale modelling of the permeability evolution of fine sands during cement suspension grouting with filtration// Computers and Geotechnics, Volume 36, Issue 6, July 2009, Pages 1058-1071. DOI: 10.1016/j.compgeo.2009.03.016.
6. F. Bouchelaghem, A. Benhamida, H. Dumontet. Mechanical damage behaviour of an injected sand by periodic homogenization method// Computational Materials Science, Volume 38, Issue 3, January 2007, Pages 473-481. DOI: 10.1016/j.commatsci.2005.12.044.
7. Нахаев М.Р., Муртазаев С.А.Ю., Абуханов А.З., Касумов М.М. Инъекционное закрепление структурно-неустойчивых грунтов специальными составами // В сборнике: Актуальные проблемы современной строительной науки и образования. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 105-109.

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

А.В. Коршунов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, korshunovav@mgsu.ru

Аннотация

Получение металлов с объемной мелкозернистой структурой и тонких металлических порошков с использованием высокоэнергетических воздействий (интенсивная пластическая деформация, электрический взрыв тонкой проволоки) на исходные крупнозернистые металлы приводит к увеличению содержания кислорода в материалах в виде твердых растворов и оксидов, локализованных в объеме материала и в поверхностных оксидных слоях. На примере титана показано, что за счет образования твердых растворов кислорода фазовый переход $\alpha\text{-Ti} \rightarrow \beta\text{-Ti}$ смещается в область более высоких температур за счет стабилизации α -фазы, что повышает термостойкость компактных субмикроструктурных образцов Ti к окислению. В случае порошкообразных образцов Ti с мелкозернистой структурой скорость окисления при нагревании повышается за счет структурных превращений в оксидной составляющей материала (анатаз \rightarrow рутил) и различий в коэффициентах теплового расширения оксида и металла. В случае меди на поверхности компактного материала с объемной субмикроструктурной структурой и субмикронных частиц порошков образуется рыхлый диффузионно-проницаемый оксидный слой с пониженной защитной функцией, что способствует более глубокому окислению металла. Образование оксидных слоев с такой структурой способствует значительному увеличению скорости окисления мелкозернистого материала по сравнению с компактным металлом с крупнозернистой структурой. На примере молибдена показано, что в высокодисперсных образцах значительно возрастает содержание промежуточных метастабильных оксидных форм, превращение которых снижает термостойкость металла при нагревании. На основе анализа полученных результатов сделаны выводы об увеличении негативного влияния структурно-фазовых превращений в оксидном компоненте на термостабильность металлов с субмикроструктурной структурой.

ВВЕДЕНИЕ

Наноструктурированные металлы и сплавы, а также высокодисперсные металлические порошки получают с помощью высокоэнергетических воздействий (интенсивная пластическая деформация, электрический взрыв тонкой проволоки) на исходные материалы с крупнозернистой структурой [1, 2]. Результатами модифицирования объемной структуры является измельчение кристаллитов, изменение текстуры, увеличение протяженности границ зерен и их неравновесного состояния, увеличение концентрации дефектов и перераспределение компонентов в объеме материала. Такие структурные изменения приводят к значительным изменениям механических, электрофизических, тепловых, физико-химических и других характеристик материалов, что является предметом многочисленных исследований [3].

Вместе с тем, проблема влияния размеров структурных фрагментов (зерен компактных металлов, частиц порошка) на химические свойства металлов с мелкозернистой структурой остается дискуссионной в связи с ограниченным объемом экспериментальных данных и их противоречивостью. Очевидно, что уменьшение размеров структурных фрагментов твердого тела сопровождается увеличением степени разупорядоченности и приводит к увеличению диффузионной проницаемости такого материала. В результате наноструктурированные металлические материалы должны проявлять повышенную химическую активность, в том числе в процессах окисления и коррозии при контакте с окружающей средой [4]. При этом

содержание кислорода в таких материалах в виде твердых растворов и оксидов должно быть повышено по сравнению с исходными крупнозернистыми металлами. Оксидные компоненты, свойства которых отличаются от свойств основного металла, должны играть определенную роль в структурной и физико-химической стабильности мелкозернистых металлов при циклическом механическом и термическом воздействии.

Анализ литературных данных показал, что влияние структурно-фазовых превращений в оксидной составляющей металлических материалов с объемной мелкозернистой структурой, а также высокодисперсных металлических порошков на параметры процесса окисления при нагреве систематически не изучалось. В связи с этим целью настоящей работы являлось определение роли оксидных компонентов в металлических материалах с модифицированной структурой на протекание процессов окисления при нагревании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы компактные образцы титана, меди и молибдена с различной объемной структурой, а также порошки этих металлов различной дисперсности. Выбор объектов исследования обусловлен различной стойкостью металлов к окислению, различными возможными формами кислорода, присутствующими в материалах (твердые растворы, оксиды), а также различной стехиометрией оксидов и их термической стабильностью. В качестве исходных материалов использовались металлы с крупнозернистой структурой: технически чистый титан ВТ1-0 (99,2 мас. % Ti), электролитическая медь М1к (99,95 мас. % Cu), молибден МЧ (99,96 мас. % Mo). Мелкозернистую объемную структуру металлов формировали в условиях интенсивной пластической деформации. Титан обрабатывали методом абс-прессования [5] со скоростью 10^{-3} с^{-1} в условиях ступенчатого понижения температуры в диапазоне 800-350 °С на воздухе. Некоторые заготовки после абс-прессования были прокатаны. Степень деформации составляла около 65 % по толщине. Последующий отжиг деформированных образцов в интервале 350-550 °С (1 ч) позволил получить серию образцов Ti с различным размером элементов зеренно-субзеренной структуры в субмикроструктурном (СМК) диапазоне 0,1–1 мкм. Медь и молибден подвергали кручению под высоким давлением (5-6 ГПа, до 5 оборотов), полученные образцы имели форму диска диаметром от 10 до 20 мм и толщиной 0,2-0,5 мм [1]. В зависимости от локализации в образце размеры кристаллитов варьировали в пределах 0,2–0,5 мкм. Высокодисперсные металлические порошки были получены с помощью электрического взрыва тонких проволок в атмосфере аргона [2]. Порошки пассивировали в смеси аргона и воздуха для формирования защитных оксидных пленок на поверхности частиц. В контрольных экспериментах использовали крупнозернистые промышленные металлические порошки. Для изучения влияния структуры на параметры процесса окисления компактные образцы были переведены в порошкообразное состояние. Состав и структуру образцов исследовали с помощью рентгеновской дифракции (РФА, дифрактометр Shimadzu XRD-6000) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, Philips CM 30). Процессы окисления образцов изучали с помощью термического анализа (ТГ–ДТА, термоанализатор SDT Q 600) при линейном нагреве в воздухе навесок 10-15 мг в открытых алундовых тиглях вместимостью 90 мкл (10 К/мин; расход воздуха 100 мл/мин).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При нагревании металлов с мелкозернистой структурой происходит комплекс процессов, включающий укрупнение структурных фрагментов (возврат, рекристаллизация), отжиг дефектов, изменение типа кристаллической структуры (полиморфные превращения) и плавление, которые могут повлиять на ход химической реакции окисления. На примере образцов титана рассмотрено влияние полиморфного превращения $\alpha\text{-Ti} \rightarrow \beta\text{-Ti}$ (882 °С [6]) и структурных изменений оксидного компонента при нагревании в воздухе на скорость окисления.

Температура полиморфного превращения α -Ti \rightarrow β -Ti в грубодисперсном промышленном порошке Ti ПТЭМ (180 мкм) практически совпадает со стандартным значением (рис. 1), начало прироста массы за счет окисления наблюдается в этом температурном интервале. Такое увеличение скорости химической реакции в момент фазового перехода можно объяснить проявлением эффекта Хедвелла [7]. Помимо фазового превращения, коэффициент теплового расширения TiO₂ в данном диапазоне температур увеличивается в большей степени по сравнению с металлом, вследствие чего тонкая оксидная пленка на поверхности металла теряет свою защитную функцию и способствует началу процесса окисления. В отличие от образца Ti с крупнозернистой структурой полиморфное превращение в компактных субмикроструктурных образцах происходит при более высоких температурах, такие образцы термически более устойчивы к окислению за счет более толстого поверхностного окисленного слоя (рис. 1). В соответствии с диаграммой Ti–O приведенные данные свидетельствуют об образовании твердых растворов с высоким содержанием кислорода в мелкозернистых образцах, что стабилизирует структуру α -фазы до более высокой температуры [6]. Повышенная степень окисленности пластически деформированных образцов Ti подтверждается также данными РФА, которые свидетельствуют о наличии в материале следов TiO₂-рутила (рис. 1). Экзотермический эффект, наблюдаемый на кривых ДТА для СМК Ti в широком диапазоне температур 400-700 °С, связан с процессом рекристаллизации пластически деформированного образца. При нагревании доля неравновесных участков структуры уменьшается, параллельно с этим протекают процессы образования твердых растворов кислорода в металле, а также перекристаллизация оксидного слоя [8-14].

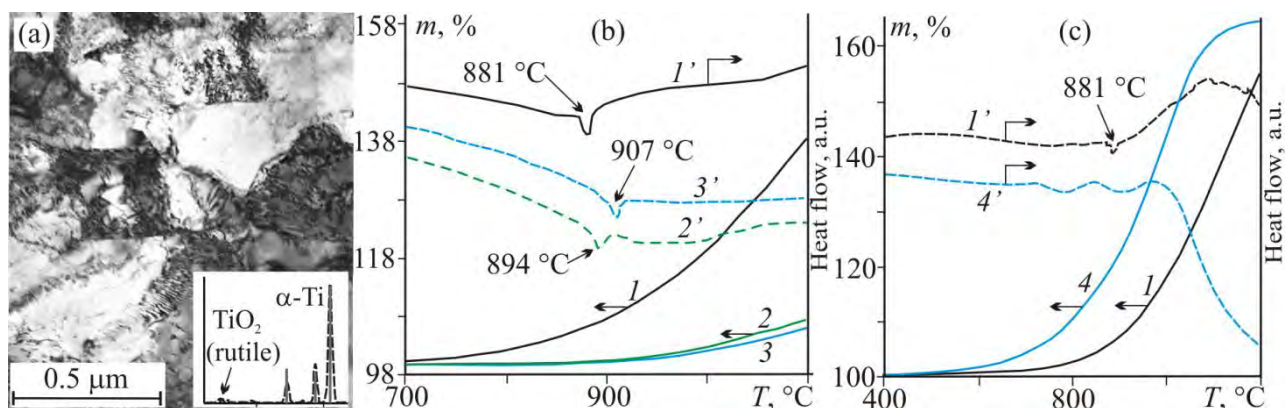


Рис. 1. (а) Микрофотография субмикроструктурной фольги Ti, фрагмент рентгенограммы показан на врезке; (b) и (c) ТГ (*I-4*) и ДТА (*I'-4'*) кривые линейного нагрева в воздухе (10 К/мин, 100 мл/мин) образцов Ti (10-20 мг): *I, I'* – микронный (180 мкм) промышленный порошок Ti ПТЭМ; *2, 2'* – компактный фрагмент субмикроструктурной фольги Ti (0,8 мкм); *3, 3'* – компактный фрагмент субмикроструктурного (0,46 мкм) Ti; *4, 4'* – порошкообразный (0,11 мкм) образец СМК Ti.

Порошкообразные образцы Ti с исходной СМК-структурой, в отличие от компактных, полностью окисляются при значительно более низких температурах, чем температура полиморфного превращения (рис. 1). В этом случае кривая ДТА характеризуется наличием набора экзоэффектов, совпадающих с возрастанием скорости прироста массы по температурам; экзоэффекты хорошо воспроизводимы для различных образцов (рис. 1, c; кривая 4'). Такие эффекты свидетельствуют о влиянии превращений в оксидной составляющей материала на процесс окисления: температуры прироста массы за счет окисления (~600 °С) и температуры ДТА максимумов (650-880°С) согласуются с температурами фазовых переходов в оксиде (анатаз \rightarrow рутил) и в металле α -Ti \rightarrow β -Ti, а также с изменениями в тепловых коэффициентах расширения в такой полифазной системе [11-14]. В указанном температурном интервале степень окисленности порошкообразного образца СМК-Ti достигала ~90 %, тогда как степень окисленности микронного порошка была

значительно ниже (рис. 1). Следовательно, сочетание механических и термических методов обработки, использованных для модифицирования структуры металла, привело к изменению состава материала. Термические превращения в кислородсодержащих компонентах (твердые растворы, различные оксидные фазы) в значительной степени влияют на полиморфные и химические процессы в металле при нагревании, что может быть критическим условием стабильности мелкозернистой структуры металлов при их длительном применении в условиях циклических термомеханических воздействий.

На примере образцов меди исследовано влияние структуры и дисперсности металла на состав и структуру продуктов его окисления. Известно, что окисление порошков Cu при линейном нагреве происходит в две стадии: первая стадия сопровождается образованием оксида Cu_2O , в течение второй стадии образуется оксид CuO [15]. При окислении субмикронных порошков Cu температурный диапазон полного окисления сужается более чем на 300 градусов, а стадии окисления лучше разделяются по температуре по сравнению с микронными порошками (рис. 2). В то же время общая степень окисленности субмикронного порошка Cu ниже, чем у микронного порошка, вследствие более высокого содержания оксидов (до 25-30 мас. % для частиц размером менее $<0,4$ мкм) в составе оксидных оболочек частиц меди (рис. 2, а; кривые 1 и 2). Скорость окисления субмикронных порошков в обеих стадиях процесса превышает таковую для микронных образцов в 3,5–4 раза; прирост массы на первой стадии окисления обычно ниже, чем на второй. В соответствии с данными РФА и микроскопии на низкотемпературной стадии процесса на поверхности частиц Cu образуется слой Cu_2O , который при большой толщине играет защитную роль в ходе нагревания микронных частиц Cu в относительно широком диапазоне температур (рис. 2, б). Напротив, для субмикронных частиц Cu максимальные значения скорости окисления достигаются в очень узком температурном интервале около 20-25 градусов. По-видимому, слой оксида Cu_2O на поверхности субмикронных частиц Cu отличается от такового для микронных частиц по своей структуре и диффузионной проницаемости.

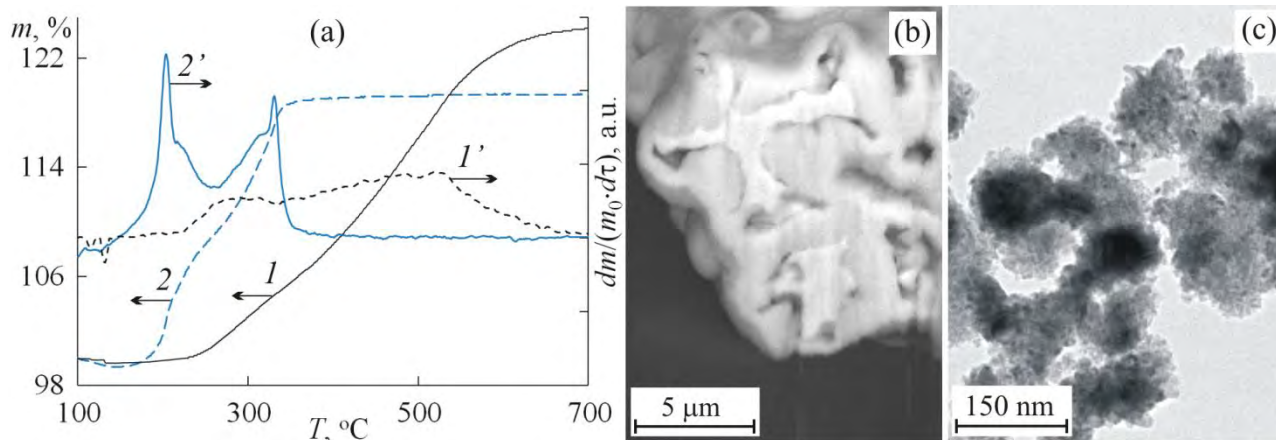


Рис. 2. (а) Зависимости ТГ и ДТГ линейного нагрева микронного (1, 1') промышленного порошка меди ПМС (25-70 мкм) и субмикронного электровзрывного порошка (2, 2') в воздухе (10 К/мин, 100 мл/мин)); микрофотографии поперечного сечения (б) окисленной частицы ПМС (300 °С, 1 ч) и (с) окисленных субмикронных частиц Cu (200 °С, 10 мин).

Проведено детальное исследование состава и структуры поверхностных оксидных слоев с целью определения причин существенных различий в термической устойчивости к окислению образцов Cu с различной дисперсностью. Благодаря выраженному диффузионно-контролируемому окислению микронных частиц Cu образующийся поверхностный слой имеет типичную структуру, включающую поры и полости на границе раздела металл/оксид (рис. 2, б). Образование такого оксида обусловлено различными скоростями диффузии катионов металлов и вакансий в толстом оксидном слое; коалесценция вакансий приводит к образованию протяженных полостей со стороны металла (эффект Киркендалла [16]), что

обуславливает низкую скорость окисления и очень широкий температурный интервал полного окисления такого материала. В случае окисления субмикронных частиц Cu структура границы раздела металл/оксид отличается от структуры поверхностного слоя микронных частиц: формируется тонкий неоднородный по толщине оксидный слой, размер кристаллитов оксида сопоставим с толщиной поверхностного оксидного слоя (рис. 2, с). Оксид Cu_2O формируется в виде агрегатов с относительно низким диффузионным сопротивлением по сравнению с оксидным слоем на поверхности микронных частиц меди. Вследствие такой особенности субмикронные частицы Cu полностью окисляются при низких температурах. Следовательно, состав и размер кристаллитов оксидов, а также толщина оксидного слоя и состояние поверхности металл/оксид в целом обуславливают характерные различия в скорости окисления и в температурных интервалах полного окисления частиц Cu различного размера.

Совместное влияние химических и фазовых превращений в оксидных слоях на стойкость металла к окислению при нагревании изучено на примере образцов молибдена. Отличительной особенностью окисления Mo по сравнению с описанными выше процессами является образование летучего оксида MoO_3 , который сублимируется при нагревании выше $700\text{ }^\circ\text{C}$ [17]. Начальная температура окисления для компактных образцов молибдена с объемной крупнозернистой или мелкозернистой структурой при линейном нагревании практически совпадает ($480\text{ }^\circ\text{C}$), прирост массы к моменту начала сублимации оксида составляет 5-7%; дальнейший нагрев приводит к уменьшению массы образцов за счет сублимации оксида. На поверхности компактного молибдена с мелкозернистой объемной структурой при нагревании образуются рыхлые оксидные слои с пониженной защитной функцией по отношению к окислению (рис. 3). Микронные и субмикронные порошки Mo окисляются при более низких температурах: полное окисление микронных порошков достигается при $600\text{ }^\circ\text{C}$, субмикронные порошки окисляются до постоянной массы образца при $500\text{--}530\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 3). Вместе с тем, скорость окисления субмикронных частиц Mo ниже, чем микронных частиц, в отличие от порошков большинства других металлов. В соответствии с результатами ДТГ окисление мелких частиц Mo сопровождается увеличением скорости реакции при $315\text{--}320\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 3, а; кривые $1', 2'$), что не наблюдается в случае крупнозернистых образцов. Очевидно, что этот эффект обусловлен относительно более высоким содержанием кислородсодержащих компонентов в составе мелких частиц Mo, находящихся преимущественно в аморфном состоянии.

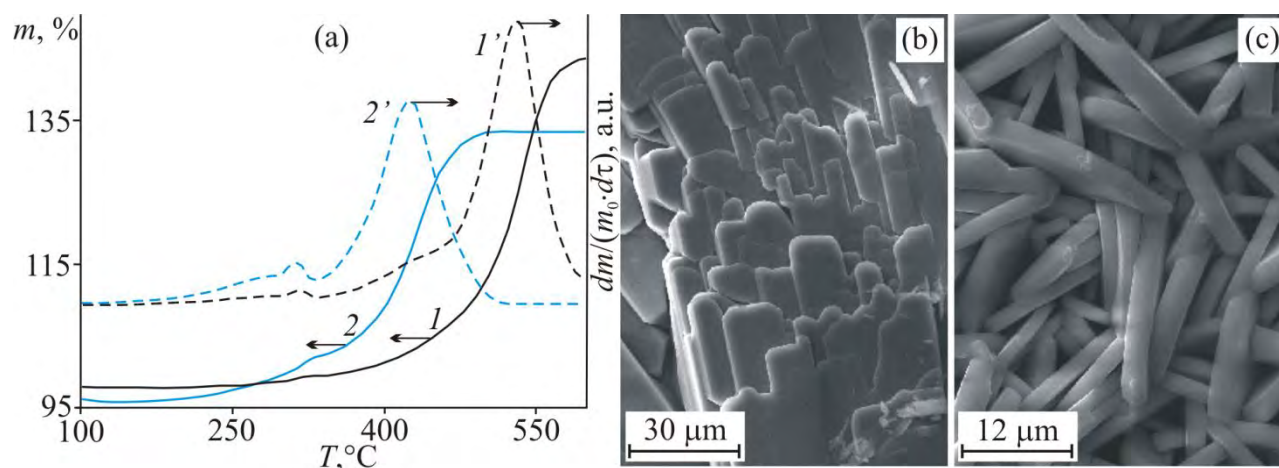


Рис. 3. а) Зависимости ТГ и ДТГ линейного нагрева микронной ($1, 1'$) (1-6 мкм) и субмикронной ($2, 2'$) фракций (0,03–0,4 мкм) высокодисперсного электровзрывного порошка Mo в воздухе (10 К/мин, 100 мл/мин); б) и с) микрофотографии окисленных поверхностей крупнозернистого (б) и субмикрокристаллического (с) образцов Mo (линейное нагревание в воздухе до $780\text{ }^\circ\text{C}$).

На основе совокупности данных ТГ и электронной микроскопии установлено, что низкотемпературная стадия при $\sim 320\text{ }^\circ\text{C}$ связана с окислением субмикронных частиц Mo,

инициированным разложением частично гидратированного $\text{MoO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, присутствующего в оксидных оболочках частиц металла, с образованием метастабильных модификаций триоксида молибдена [18]. Разложение приводит к деструкции тонких (3-5 нм) поверхностных оксидных пленок и способствует протеканию взаимодействия металла с кислородом. Величина скорости реакции низкотемпературной стадии при 320 °С возрастает с увеличением дисперсности порошков Мо, что связано с увеличением доли метастабильных оксидных фаз, присутствующих в субмикронных порошках Мо. При более высоких температурах $T > 400$ °С (рис. 3) фазовое превращение оксида MoO_3 [18] также влияет на скорость окисления порошков Мо: в момент полиморфного превращения изменяются диффузионные характеристики оксидного слоя на поверхности металла и процесс окисления ускоряется.

ВЫВОДЫ

1. Влияние полиморфного превращения металла на скорость его окисления изучено на примере титана. Показано, что образование твердых растворов кислорода в титане приводит к повышению температуры фазового перехода $\alpha\text{-Ti} \rightarrow \beta\text{-Ti}$ и способствует повышению термостойкости компактных субмикрокристаллических образцов Ti к окислению. Фазовые переходы в оксиде (анатаз \rightarrow рутил) приводят к повышению скорости окисления металла.

2. Окисление меди с субмикрокристаллической структурой приводит к формированию на поверхности окисляющегося материала рыхлого диффузионно-проницаемого оксидного слоя с пониженной защитной функцией. Образование таких оксидных слоев обуславливает увеличение скорости окисления мелкозернистого материала по сравнению с металлом с крупнозернистой структурой.

3. Влияние термической стабильности оксида на скорость окисления металла изучено на примере молибдена. Показано, что структурно-фазовые превращения промежуточных метастабильных оксидных форм приводят к существенному возрастанию скорости окисления высокодисперсных порошков Мо при нагревании. Сделан общий вывод о негативном влиянии структурно-фазовых превращений оксидов на устойчивость металлов с субмикрокристаллической структурой и высокодисперсных металлических порошков к окислению при нагревании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Severe plastic deformation techniques / Ed. M. Cabibbo. Croatia: IntechOpen, 2017. 224 p.
2. Ivanov Yu.F., Osmonoliev M.N., Sedoi V.S., et al. Productions of ultra-fine powders and their use in high energetic compositions // Propellants, Explos. Pyrotech. 2003. V. 28. P. 319–333.
3. Poole C., Owens F. Introduction to nanotechnology. NJ: Wiley-Interscience, 2003. 400 p.
4. Bozhko P. V., Korshunov A. V., Il'yn A. P., et al. Reactivity of submicrocrystalline titanium: II. Electrochemical properties and corrosion stability in sulfuric acid solutions // Inorg. Mater. Appl. Res. 2013. V. 4. P. 85–91.
5. Sharkeev Yu. P., Eroshenko A. Yu., Danilov V. I., et al. Microstructure and mechanical properties of nanostructured and ultrafine-grained titanium and the zirconium formed by the method of severe plastic deformation // Russ. Phys. J. 2014. V. 56. P. 1156–1162.
6. Murray J. L., Wriedt H. A. The O–Ti (oxygen-titanium) system // Bulletin of Alloy Phase Diagrams. 1987. V. 8. P. 148–165.
7. Hedvall J. A. On the reactivity of solid phases // J. Phys. Chem. 1924. V. 28. P. 1316–1330.
8. Kofstad P. High-temperature oxidation of titanium // J. Less-Common Metals. 1967. V. 12. P. 449–464.
9. Contieri R.J., Zanolto M., Caram R. Recrystallization and grain growth in highly cold worked CP-Titanium // Mater. Sci. Eng. A. 2010. V. 527. P. 3994–4000.
10. Kubina T., Dlouhý J., Köver M., Dománková M., Hodek J. Preparation and thermal stability of ultra-fine and nano-grained commercially pure titanium wires using conform equipment // Mater. Technol. 2015. V. 49. P. 213–217.
11. Zhang H., Banfield J. F. Kinetics of crystallization and crystal growth of nanocrystalline anatase in nanometer-sized amorphous titania // Chem. Mater. 2002. V. 1. P. 4145–4154.
12. Wetchakun N., Incessungvorn B., Wetchakun K., Phanichphant S. Influence of calcination temperature on anatase to rutile phase transformation in TiO_2 nanoparticles synthesized by the modified sol-gel method // Mater. Lett. 2012. V. 82. P. 195–198.
13. Hanaor D., Sorrell C. Review of the anatase to rutile phase transformation // J. Mater. Sci. 2011. V. 46. P. 855–874.

14. Gemelli E., Camargo N. Oxidation kinetics of commercially pure titanium // *Revista Matéria*. 2007. V. 12. P. 525–531.
15. Korshunov A. V., Ilyin A. P. Oxidation of copper nanopowders on heating in air // *Russ. J. Appl. Chem.* 2009. V. 82. P. 1164–1171.
16. Kubaschewski O., Hopkins B. E. *Oxidation of metals and alloys*. Butterworths, 1962. 319 p.
17. Gulbransen E. A., Andrew K. F., Brassart F. A. Oxidation of molybdenum 550° to 1700 °C // *J. Electrochem. Soc.* 1963. V. 110. P. 952–959.
18. Sun T., Xu L., Wei S., et al. Phase evolution of hydrothermal synthesis oxide-doped molybdenum powders // *Int. J. Refract. Hard Met.* 2020. V. 86. P. 1050853 (1–12).

ДРЕНАЖНЫЕ ПЛИТЫ ИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

О.Б. Ляпидевская¹, Л.Р. Сатлыкова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26

¹*olga.lyapidevskaya@inbox.ru*

²*sliana29062000@mail.ru*

Аннотация

Обеспечение надежной защиты подземных зданий и сооружений от воздействия грунтовых вод является одной из приоритетных задач строительства. Проведен анализ существующих методов и материалов, применяемых при устройстве пристенного и трубчатого дренажа. В качестве дренажного материала предложен фильтрационный пенополистирол. Приведены результаты исследования структуры фильтрационного пенополистирола различного гранулометрического состава. Также представлены результаты исследования водопроницаемости дренажных плит в зависимости от структурных характеристик материала. На основании проведенных испытаний выведена эмпирическая формула для расчета коэффициента фильтрации фильтрационного пенополистирола. Разработаны рекомендации по подбору зернового состава материала при работе в связных и несвязных грунтах. Полученные значения коэффициента фильтрации фильтрационного пенополистирола свидетельствуют о высокой водопроницаемости материала и возможности применения его для защиты подземных частей зданий, возводимых на разных типах грунтов.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные методы защиты подземных сооружений от воздействия грунтовых вод – многослойная рулонная гидроизоляция в сочетании с песчано-гравийной отсыпкой – не отвечают необходимым требованиям из-за высокой трудоемкости и низкого качества дренажа. В связи с этим подвалы жилых и производственных зданий часто подвергаются затоплению. Это нарушает нормальные тепловлажностные условия эксплуатации и приводит к разрушению бетонных конструкций.

С целью улучшения качества строительства и эксплуатации подземных сооружений разрабатываются методы комплексной защиты от воздействия грунтовых вод с применением конструкций пристенного и трубчатого дренажа.

В качестве пристенных дренажных элементов в последние годы широкое распространение получили рулонные однослойные и многослойные пластиковые мембраны с округлыми шипами. Они обладают высокой механической прочностью, коррозионной стойкостью, способны выдерживать нагрузку от засыпки грунта до 0,05 МПа, удобны при транспортировке. Основным недостатком указанных дренажных элементов является их высокая жесткость, что затрудняет выполнение швов внахлест; для их соединения требуются специальные мастики. Качество выполняемых работ не всегда удовлетворяет необходимым требованиям, и с течением времени герметизация швов нарушается, что приводит к протечкам и нарушению работы гидроизоляции [1–6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее перспективным является создание и применение фильтрационных плит из крупнопористого фильтрационного пенополистирола, обладающих высокой водопроницаемостью, химической стойкостью в агрессивных средах и не требующих специальной защиты из геотекстиля.

Фильтрационные пенополистирол был разработан как материал для конструкций пристенного дренажа, предназначенный для защиты подвальных помещений зданий и сооружений от подтопления (рис. 1).

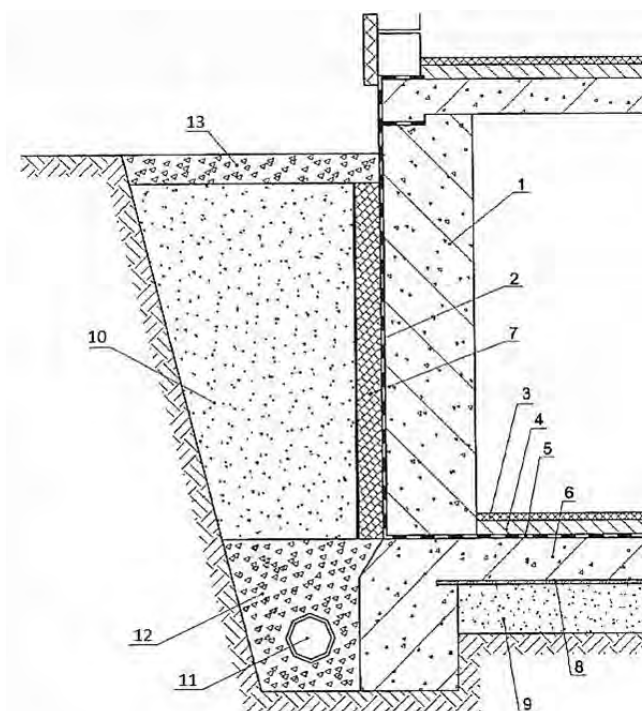


Рис. 1. Конструкция подвала с использованием плит из фильтрационного пенополистирола:
 1 – подземная часть стены; 2 – гидроизоляционное покрытие; 3 – настил пола;
 4 – цементно-песчаная стяжка; 5 – гидроизоляционное покрытие; 6 – фундаментная плита;
 7 – пристенный дренаж из фильтрационных плит; 8 – разделительная пленка;
 9 – бетонная подготовка; 10 – грунт обратной засыпки; 11 – дренажная труба;
 12 – гравийная засыпка; 13 – слой гравия

Технология изготовления материала предусматривает получение пенополистирольных гранул с низким водопоглощением, имеющих шарообразную форму, которые при спекании только в точках контакта создают структуру материала с открытой (межзерновой пористостью) [7].

В ходе работы были определены структурные характеристики фильтрационного пенополистирола (характерный диаметр пор и межзерновая пористость). Для этого были изготовлены образцы различного зернового состава, получены электронные изображения их аншлифов, которые были подвергнуты компьютерной обработке. За характерный размер пор фильтрационного пенополистирола (D_{70}) принят размер пор, соответствующий 70%-ному содержанию их в материале.

Водопрopusкная способность материала различного гранулометрического состава определялась на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 10 см с помощью прибора, представленного на рис. 2 при разных градиентах напора.

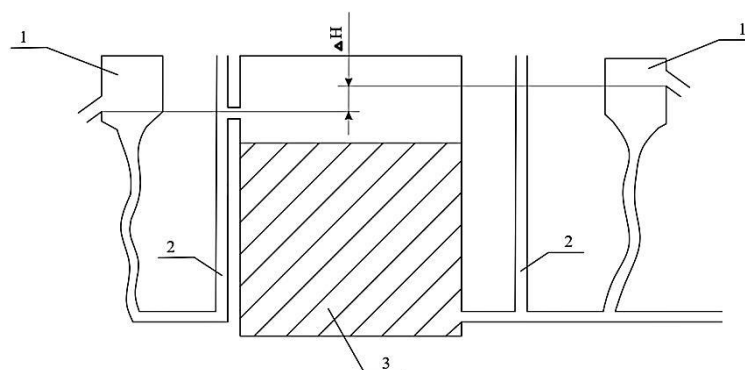


Рис. 2. Прибор для определения водопропускной способности материалов:
1 – водосливные бачки; 2 – пьезометры; 3 – образец; ΔH – потеря напора в образце

При проведении испытаний боковые поверхности образцов покрывали слоем гидроизоляционного материала; фильтрационный поток был направлен снизу вверх. Регулирование напора достигалось с помощью двух бачков путем перемещения их в вертикальном направлении. Падение напора в образцах определялось с помощью пьезометров. Градиент напора (J) в образцах рассчитывался по формуле (1).

$$J = \frac{\Delta H}{l} \quad (1)$$

где ΔH – потеря напора, см; l – высота образца, см

Исследования кольматации фильтрационного пенополистирола различными типовыми грунтами проводились на той же установке, что и определение водопропускной способности (рис. 2). При этом грунт выкладывался слоем толщиной 10 мм поверх образца. Вода подавалась в прибор сверху, изменения уровня воды в пьезометрах фиксировались с интервалом в 2 часа. После закупорки пор образца грунтом до постоянного расхода воды производились измерения коэффициента фильтрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований определены структурные характеристики фильтрационного пенополистирола, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Структурные характеристики фильтрационного пенополистирола

Номер серии образцов	Зерновой состав вспененных гранул,		Характерный диаметр пор (D_{70}), мм	Межзерновая пористость, %	Коэффициент фильтрации, см/с
	мм	%			
1	8-9	100	1,99	19,5	2,13
2	8-9	50	1,5	17,4	1,81
	6-8	50			
3	6-8	100	1,44	28,4	1,47
4	6-8	50	1,13	25,5	1,07
	4-6	50			
5	8-9	33	1,04	14,5	0,79
	4-6	33			
	2-4	33			

6	2-4	100	0,62	18,6	0,54
7	8-9	25	0,40	9,1	0,41
	6-8	25			
	4-6	25			
	2-4	25			

Результаты, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что на водопрopusкную способность материала значительное влияние оказывают его структурные характеристики. Так, в зависимости от гранулометрического состава, характерного диаметра пор и межзерновой пористости значения коэффициента фильтрации изменяются в широком диапазоне: от 2,13 до 0,41 см/с.

Были установлены зависимости скорости фильтрации от градиента напора для образцов, имеющих различный зерновой состав (рис. 3).

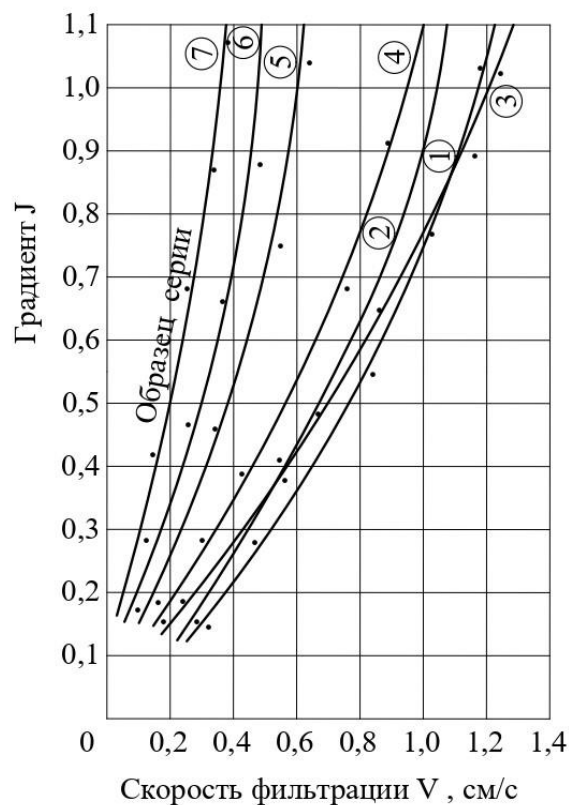


Рис. 3. Графики зависимости скорости фильтрации (V) от градиента напора воды (J) для образцов фильтрационного пенополистирола различного зернового состава

Как следует из представленных графиков, уже при малых значениях градиента напора линейная зависимость между V и J не соблюдается (нарушается закон Дарси). В связи с этим для определения коэффициента фильтрации (K_ϕ) был применен полином 2-й степени (формула Прони) и выведена эмпирическая формула расчета коэффициента фильтрации фильтрационного пенополистирола (K_ϕ , см/с) (2):

$$K_\phi = \frac{V}{J} \left(1 + \frac{0,01\Pi^{-2,3}}{0,6758D_{70}^2 - 2,7873D_{70} + 3,3023} \cdot V \right) \quad (2)$$

где Π – межзерновая пористость, в долях единицы.

Исследования работы фильтрационных плит проводились в условиях воздействия на них трех видов грунтов: мелкозернистого песка, супеси и суглинка. Полученные значения коэффициента фильтрации дренажных плит из фильтрационного пенополистирола показаны в табл. 2.

Таблица 2. Значения коэффициента фильтрации дренажных плит из фильтрационного пенополистирола в зависимости от типа грунта засыпки

Номер серии образцов	Начальный коэффициент фильтрации, см/с	Коэффициент фильтрации, см/с, после испытаний в различных грунтах в течение 90 сут		
		Мелкозернистый песок ($K_f=0,005$ см/с)	Супесь ($K_f=0,0007$ см/с)	Суглинок ($K_f=0,0001$ см/с)
2	1,81	1,27	0,78	0,42
5	0,79	0,53	0,41	0,24
7	0,41	0,28	0,20	0,11

Анализ приведенных данных свидетельствует о возможности подбора составов фильтрационного пенополистирола для работы в связных и несвязных грунтах. При этом могут быть использованы как однослойные, так и двухслойные плиты в зависимости от вида грунта засыпки. В двухслойных конструкциях плит внешний (к грунту) слой – мелкопористый, предназначенный для задержаний мелких частиц грунта, предотвращения кольматации, второй – крупнопористый – дренажный слой.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы. Фильтрационные свойства дренажных плит во многом зависят от структурных характеристик материала: зернового состава, характерного диаметра пор и межзерновой пористости, что обеспечивает возможность получения фильтрационного пенополистирола различной макропористой структуры.

Как следует из полученных данных, в результате некоторой кольматации пор материала грунтом засыпки, водопроницаемость образцов уменьшается в 1,5-4,5 раза в сравнении с начальным коэффициентом фильтрации и типом грунта засыпки. Тем не менее, окончательное значение коэффициента фильтрации значительно превышает этот показатель грунта засыпки, что создает условия для устройства пристенного дренажа в различных грунтах. Применение многослойных плит может привести к росту эффективности дренажных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов Ю. В., Ширкова Т.Н. Создание системы инженерной защиты территории и объектов от подтопления// Вестник МГСУ. 2012. №2. С. 121-124.
2. Старцев С.А. Анализ причин неблагоприятного состояния подвалов в Санкт-Петербурге//Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург. 2009. № 2 (4). С. 31-42.
3. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте – Тверь: изд-во «Русская торговая марка», 2003. – 396с.
4. Ваньков А.В., Зотов К.В. Гидроизоляционные системы подземных паркингов//Точная наука. 2017. №9. С. 45-49.
5. Бойко В.В., Маилян Р.Л. Гидроизоляция подземных сооружений полимерными материалами – Киев : Будивэльник, 1989. – 143 с.
6. Румянцев Б.М., Ляпидевская О.Б., Жуков А.Д. Системы изоляции строительных конструкций. М.: Изд-во Моск. Гос. Строит. Ун-та., 2016. С. 548-565..
7. Ляпидевская О.Б. Полимерные плиты для пристенного дренажа//Перспективы науки. 2019. № 9 (120). С. 45-49.

ПРЕДСКАЗАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ГАЛЛУАЗИТОВЫХ НАНОТРУБОК С ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ

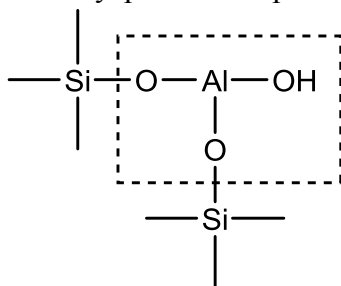
Е.В. Ткач¹, Т.А. Мацевич¹, Т.В. Жданова¹, М. Бичаев¹, А.А. Аскадский^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, MatseevichTA@mgsu.ru

²Институт элементоорганических соединений Российской Академии наук им. А. Н. Несмеянова (ИНЭОС РАН), 119334, г. Москва, ул. Вавилова, 28

Аннотация

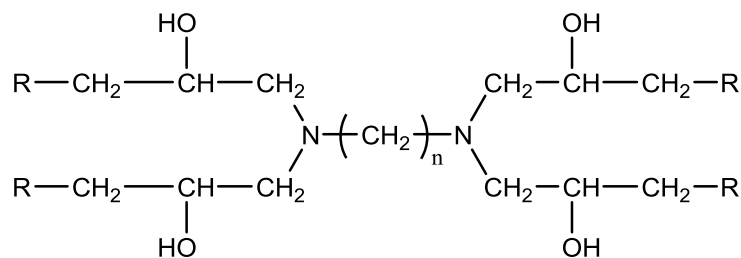
Проведен анализ совместимости внешних и внутренних слоев галлуазитовых нанотрубок, представляющих собой двухслойный алюмосиликат, с исходной и отвержденной эпоксидной смолой ЭД-20. В качестве отвердителя холодного отверждения выбран полиэтиленполиамин (ПЭПА) $H_2N-(CH_2-CH_2-NH)_n-H$. Анализ проводили с помощью критерия совместимости, предложенного в работах [1-4]. В качестве растворителя с наружной стороны нанотрубок рассмотрена структура $-Si-O-Si-$, а для внутренней стороны – структура



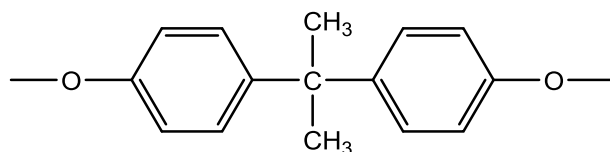
Параметры растворимости и поверхностная энергия отвержденной эпоксидной смолы меньше, чем параметры растворимости и поверхностная энергия галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок. Если снизить поверхностную энергию повторяющегося фрагмента галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок до 36 мН/м за счет поверхностно-активного вещества, то этим самым сродство эпоксидной смолы и внутренней поверхности нанотрубок улучшится и эпоксидная смола может проникать внутрь нанотрубки.

ВВЕДЕНИЕ

Галлуазитовые нанотрубки представляют собой двухслойный алюмосиликат. Структурная формула галлуазита – $(Al_2Si_2O_5(OH))_4 \cdot nH_2O$. Внешний слой образован $-Si-O-Si-$, а внутренний слой образован $-O-Al(OH)_2$. Анализ совместимости желателен для оценки качества адгезии внутренней и внешней поверхности данных нанотрубок к эпоксидной смоле ЭД-20. В качестве отвердителя холодного отверждения выбран полиэтиленполиамин (ПЭПА) $H_2N-(CH_2-CH_2-NH)_n-H$. Структурная формула повторяющегося фрагмента полимерной сетки выглядит так:



где $R_1 =$



где $R_2 =$

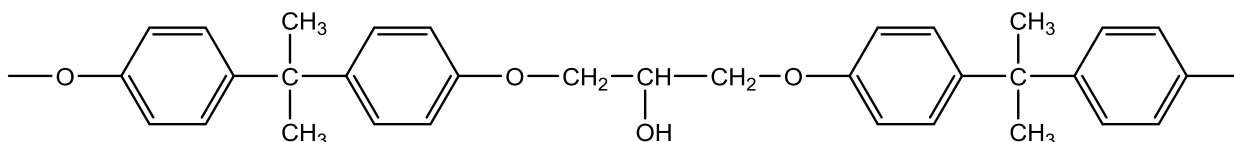


Рис. 1. Структуры отвержденной эпоксидной смолы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обычно предсказание совместимости полимеров проводится с помощью методов, изложенных в монографиях [5-6]. В данной работе анализ проводили с помощью критерия совместимости, предложенного в монографиях [1-4]. Критерий выглядит следующим образом:

$$\frac{\delta_p^2}{\delta_n^2} \leq 1.374\Phi \left(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a} \right) \quad (1)$$

где δ_n – параметр растворимости полимера, δ_p – параметр растворимости растворителя,

$$\Phi = \frac{4(V_p V_n)^{1/3}}{(V_p^{1/3} + V_n^{1/3})^2} \quad (2)$$

где V_p – мольный объем растворителя, V_n – мольный объем повторяющегося фрагмента полимерной сетки; $a = \gamma_{pn}/\gamma_p$, где $\gamma_{pn} = \gamma_n$ – поверхностная энергия полимера, γ_p – поверхностная энергия растворителя. Величина γ_{pn} рассчитывается по формуле

$$\gamma_{pn} = \gamma_p + \gamma_n - 2\Phi(\gamma_p \gamma_n)^{1/2}. \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализируем отвержденную эпоксидную смолу при наличии R_1 и разной величине n . При $n = 3$ величина $\delta_n = 25.3$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 44.4$ мН/м, $V_n = 1030$ см³/моль. При $n = 4$ величина $\delta_n = 25.1$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 44.0$ мН/м, $V_n = 1040$ см³/моль. При $n = 5$ величина $\delta_n = 25.0$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 43.6$ мН/м, $V_n = 1060$ см³/моль. При $n = 6$ величина $\delta_n = 24.9$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 43.2$ мН/м, $V_n = 1070$ см³/моль. При $n = 7$ величина $\delta_n = 24.8$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 42.8$ мН/м, $V_n = 1090$ см³/моль.

Теперь проанализируем отвержденную эпоксидную смолу при наличии R_2 и разной величине n . При $n = 3$ величина $\delta_n = 24.3$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 41.1$ мН/м, $V_n = 2010$ см³/моль. При $n = 4$ величина $\delta_n = 24.2$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 40.9$ мН/м, $V_n = 2030$ см³/моль. При $n = 5$ величина $\delta_n = 24.2$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 40.7$ мН/м, $V_n = 2040$ см³/моль. При $n = 6$ величина $\delta_n = 24.1$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 40.5$ мН/м, $V_n = 2060$ см³/моль. При $n = 7$ величина $\delta_n = 24.1$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 40.3$ мН/м, $V_n = 2070$ см³/моль.

Реально исходная эпоксидная смола содержит 0.5 молей R_1 и 0.5 молей R_2 . Тогда при $n = 3$ величина $\delta_n = 24.6$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 42.2$ мН/м, $V_n = 1510$ см³/моль. При $n = 4$ величина $\delta_n = 24.5$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 41.9$ мН/м, $V_n = 1530$ см³/моль. При $n = 5$ величина $\delta_n = 24.5$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 41.7$ мН/м, $V_n = 1550$ см³/моль. При $n = 6$ величина $\delta_n = 24.4$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 41.4$ мН/м, $V_n = 1570$ см³/моль. При $n = 7$ величина $\delta_n = 24.3$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 41.2$ мН/м, $V_n = 1580$ см³/моль.

Расчеты проведены с помощью компьютерной программы Каскад (ИНЭОС РАН). Использована опция «Сополимеры».

В качестве растворителя с наружной стороны нанотрубок будем рассматривать $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$. Для этого растворителя $\delta_{\text{п}} = 13.9$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_{\text{п}} = 21.6$ мН/м, $V_{\text{п}} = 29.8$ см³/моль. Для внутренней стороны в качестве растворителя будем рассматривать структуру

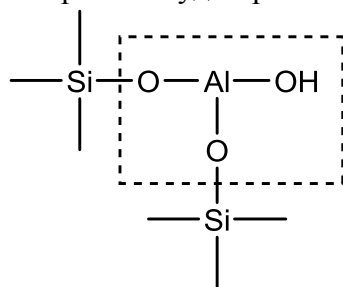


Рис. 2. Структура повторяющегося фрагмента галлузита на внутренней поверхности нанотрубок

Рассчитаем для такой структуры величины $\delta_{\text{п}}$, $\gamma_{\text{п}}$ и $V_{\text{п}}$.

Ван-дер-ваальсов объем атома ΔV_i рассчитывается по формуле [7]:

$$\Delta V_i = \frac{4}{3} \pi R^3 - \sum_i \frac{1}{3} \pi h_i^2 (3R - h_i) \quad (4)$$

где R – межмолекулярный радиус данного атома, h_i – высота шарового сегмента, который отсекается на данном атоме соседним химически связанным с ним атомом.

Величина h_i вычисляется по формуле

$$h_i = R - \frac{R^2 + d_i^2 - R_i^2}{2d_i} \quad (5)$$

где R_i – межмолекулярный радиус соседнего, химически связанного атома; d_i – длина химической связи.

В нашем случае длина химической связи O–Al равна 1.59 Å. Межмолекулярный радиус атома кислорода $R_O = 1.36$ Å, а межмолекулярный радиус атома алюминия $R_{Al} = 1.84$ Å.

Тогда для атома кислорода, химически связанного с атомами Si и Al

$$h_{O-Al} = 1.36 - \frac{1.36^2 + 1.59^2 - 1.84^2}{2 \cdot 1.59} = 0.312 \text{ Å}$$

$$h_{O-Si} = 1.36 - \frac{1.36^2 + 1.64^2 - 2.10^2}{2 \cdot 1.64} = 1.321 \text{ Å}$$

Ван-дер-ваальсов объем атома кислорода, химически связанного с атомами и алюминия и кремния, будет следующим:

$$\Delta V_O = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot 1.36^3 - \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 0.312^2 (3 \cdot 1.36 - 0.312) - \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 1.321^2 (3 \cdot 1.36 - 1.321) = 4.916 \text{ Å}^3$$

Длина химической связи O–H равна 1.08 Å. Межмолекулярный радиус атома водорода $R_H = 1.17$ Å.

Тогда для атома кислорода, химически связанного с атомами Al и H

$$h_{O-Al} = 1.36 - \frac{1.36^2 + 1.59^2 - 1.84^2}{2 \cdot 1.59} = 0.312 \text{ Å}$$

$$h_{O-H} = 1.36 - \frac{1.36^2 + 1.08^2 - 1.17^2}{2 \cdot 1.08} = 0.60 \text{ Å}$$

Ван-дер-ваальсов объем атома кислорода, химически связанного с атомами алюминия и водорода, рассчитывается следующим образом:

$$\Delta V_O = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot 1.36^3 - \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 0.312^2 (3 \cdot 1.36 - 0.312) - \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 0.60^2 (3 \cdot 1.36 - 0.60) = 8.84 \text{ \AA}^3$$

Поскольку атом Al не входит в базу данных в компьютерной программе «Каскад», все расчеты сделаны вручную. Повторяющийся фрагмент галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок (рис. 2) содержит два атома кислорода, химически соединенные с атомами кремния и алюминия, и один атом кислорода, химически соединенный с атомами алюминия и водорода. Атом алюминия химически связан с тремя атомами кислорода. Для него

$$h_{Al-O} = 1.84 - \frac{1.84^2 + 1.59^2 - 1.36^2}{2 \cdot 1.59} = 0.647 \text{ \AA}$$

Ван-дер-ваальсов объем атома алюминия вычисляется как

$$\Delta V_{Al} = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot 1.84^3 - \frac{3}{3} \cdot 3.14 \cdot 0.647^2 (3 \cdot 1.84 - 0.647) = 21.675 \text{ \AA}^3$$

Ван-дер-ваальсов объем атома водорода равен 4.7 \AA^3 [1-2].

Тогда ван-дер-ваальсов объем повторяющегося фрагмента галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок будет равен

$$\sum_i \Delta V_i = 2 \cdot 4.916 + 8.84 + 21.675 + 4.7 \approx 45.05 \text{ \AA}^3$$

Энергия когезии рассчитывается так:

$$\sum_i \Delta E_i^* = 596 \cdot 3 + 200 + 16423 + x = 18411 + x$$

где x – энергия когезии атома алюминия.

Величина δ_n рассчитывается по уравнению [1-2, 8]:

$$\delta^2 = \frac{\Delta E^*}{N_A \sum_i \Delta V_i} = \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{N_A \sum_i \Delta V_i} \quad (6)$$

где $\Delta E^* = k\Delta E_0$ – энергия когезии жидкости или повторяющегося звена полимера, уменьшенная во столько раз, во сколько ван-дер-ваальсов объем молекулы или звена меньше мольного объема; k – коэффициент молекулярной упаковки жидкости или полимера, N_A – число Авогадро.

Параметр растворимости Гильдебранда δ рассчитывается по соотношению [1-2, 8]

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta E_i^*}{0.6023 \cdot \sum_i \Delta V_i}} \quad (7)$$

В нашем случае величина δ зависит от величины x :

$$\delta = \sqrt{\frac{18411 + x}{0.6023 \cdot 45.05}} = \sqrt{\frac{18411 + x}{27.13}} \quad (8)$$

Поверхностное натяжение рассчитывается по уравнению [1-2, 8]:

$$\gamma = \frac{A_j \cdot \sum_i \Delta E_i^*}{\left(\sum_i \Delta V_i \right)^{2/3}} \quad (9)$$

где $A_j = 0.0181$ [1-2, 8].

Тогда поверхностное натяжение повторяющегося фрагмента галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок рассчитывается по соотношению

$$\gamma = \frac{A_j \cdot \sum_i \Delta E_i^*}{\left(\sum_i \Delta V_i \right)^{2/3}} = 0.00143 \cdot (18411 + x) \quad (10)$$

Величины δ и γ при разных значениях x приведены в таблице 1.

Мольный объем рассчитывается по уравнению

$$V_M = \frac{N_A \cdot \sum_i \Delta V_i}{k} = \frac{0.6023 \cdot 45.05}{0.681} = 39.84 \text{ \AA}^3$$

Таблица 1. Величины δ и γ для повторяющегося фрагмента галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок при разных значениях x

Величина x , Дж/моль	Параметр растворимости δ , (Дж/см ³) ^{0.5}	Поверхностное натяжение γ , мН/м ²
0	26.05	26.3
1000	26.7	27.8
3000	28.1	30.6
5000	29.4	33.5
7500	30.9	37.0
10000	32.4	40.6

ВЫВОДЫ

Согласно расчетам величина $\sum_i \Delta V_i = 39.84 \text{ \AA}^3$. Параметры растворимости находятся в интервале от 26.05 до 32.4 (Дж/см³)^{1/2} при изменении x от 0 до 10000 Дж/моль. Эти величины больше параметров растворимости для отвержденной эпоксидной смолы, лежащих в интервале от 24.6 до 24.3 при изменении n от 3 до 7. Даже если принять величину $\Delta E_{Al}^* = 0$, то параметр растворимости будет равен 26.05, что все равно больше этой величины для отвержденной эпоксидной смолы. Однако если снизить поверхностную энергию повторяющегося фрагмента галлуазита на внутренней поверхности нанотрубок до 36 мН/м, то совместимость с отвержденной эпоксидной смолой имеет место. Действительно, при величине поверхностной энергии 42.2 мН/м левая часть критерия совместимости равна 1.12, а правая часть равна 0.99, т.е. левая часть больше правой, что свидетельствует о несовместимости. Если снизить поверхностную энергию с 42.2 до 36 мН/м, то левая часть критерия равна 0.89, а правая – 1.12. Поскольку левая часть критерия меньше правой части, то совместимость имеет место. Если ввести какое-либо поверхностно-активное вещество (ПАВ), можно существенно улучшить сродство эпоксидной смолы и внутренней поверхности нанотрубок. Тогда эпоксидная смола может проникать внутрь нанотрубки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров. Т.1. Атомно-молекулярный уровень. М.: Научный Мир. 1999. 543 с.
2. Askadskii A.A. Computational Materials Science of Polymers. Cambridge, Cambridge International Science Publishing Ltd. 2003. 695 pp.
3. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И., Матевосян М.С. О предсказании растворимости полимеров // Высокомолекулярные соединения. 1990. А32. № 10. С. 2157–2166.
4. Матвеев Ю.И., Аскадский А.А. Влияние физических характеристик и типа надмолекулярной структуры полимеров на его растворимость // Высокомолекулярные соединения. 1994. А36. № 3. С. 436–443.

5. Полимерные смеси. Т. 1: Под редакцией Д.Р. Пола и Бакнелла; пер. с англ. под ред. проф. В.Н. Кулезнева. – С.Пб.: Изд-во НОТ, 2009. 618 с.
6. Polymer Blends. Volume 1: Formulation. Edited by D.R. Paul and C.V. Bucknall. John Willey and Sons, Inc. New York, 2000, 600 pp.
7. Китайгородский А.И. Органическая кристаллохимия. М.: Изд-во АН СССР. 1955. 558 с.
8. Аскадский А.А., Мацевич Т.А., Попова М.Н. Вторичные полимерные материалы. Механические и барьерные свойства, пластификация, смеси и нанокompозиты. М.: Изд-во АСВ. 2017. 490 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Е.В. Ткач, Ю.С. Шумилина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, ev_tkach@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены технологические параметры получения цементных дисперсных систем для фасадных покрытий. Показано, что оптимизация технологических процессов позволяет разработать дисперсные цементные системы для покрытий с высокой защитной стойкостью при эксплуатации зданий и сооружений. Определено, что оптимизация параметров позволяет подобрать наиболее эффективное соотношение цемента и тонкомолотого наполнителя из бетонного лома, оптимального количества добавок-модификаторов, а далее соотношение коллоидного цементного клея и песка (заполнителя) с целью получения растворных составов для декоративных покрытий, обладающих высокими прочностными показателями. Установлено, что измельчение песка или дробленного бетонного лома позволяет не только повысить их удельную поверхность и получить требуемый гранулометрический состав, но и улучшить качество поверхности частиц путем удаления и разрушения поверхностных неактивных пленок, что повышает реакционную способность наполнителя в различных процессах. Исследования показали, что оптимальными являются фракционные характеристики песка, при которых обеспечиваются плотная упаковка зерен и, примерно, одинаковые доли фракций. Разработанные в процессе оптимизации параметров коллоидно-цементные растворы для декоративных покрытий обладают высокими прочностными показателями, морозостойкостью и малой усадочной деформацией.

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация технологических процессов позволяет получить максимальную поверхность твердого вещества при минимальных затратах энергии. Механическая активация, которая позволяет в полной мере раскрыть скрытые свойства одних веществ и использовать потенциальные возможности других (вяжущих веществ). Среди способов механической активации смесей бетонов различают активацию прессованием, измельчением, перемешиванием и т.д. Первые попытки применить механоактивацию в технологии производства строительных материалов связаны с приготовлением вяжущих веществ, когда при повторном помоле цемента увеличивается его реакционная способность и удельная поверхность, что интенсифицирует процесс твердения изделий на таком вяжущем и сокращает его расход в них. Механоактивация в полной мере приобретает прикладное значение, совершенствуя существующие технологические схемы и раскрывая принципиально новые способы производства, целиком, основанные на технологических процессах с появлением высокоэффективного измельчающего оборудования.

Ударное и ударно-истирающее измельчение цементного порошка позволяет существенно повысить его физико-химическую активность наиболее рациональным способом, в большей мере за счет корректировки гранулометрического состава, изменения формы зерна. С точки зрения достижения высокой интенсивности механической обработки и производительности, наиболее перспективными являются электромагнитные мельницы, в которых энергия электромагнитного поля непосредственно преобразуется в кинетическую энергию движения размольных элементов. Для получения осколочной формы частиц используются цилиндрические размольные элементы с острыми гранями.

Механоактивация функциональных добавок различного назначения позволяет увеличить их рабочую поверхность в несколько раз, повысить их химическую активность настолько, что показатели качества сухих строительных смесей улучшаются на 15 %.

Механизм действия виброактивации цементно-песчаных смесей направлен на увеличение удельной поверхности вяжущего, изменение поверхностной структуры твердых частиц и ускорение взаимодействия компонентов системы «цемент-вода-песок».

Виброактивация вызывает изменение в системе активных составляющих цементного клинкера, и в первую очередь повышенный выход трехкальциевого алюмината (C_3A), отвечающего за набор прочности в начальный период гидратации. Технология измельчения вяжущих материалов для повышения вязкостных и реологических характеристик тонкомолотых цементных систем реализуется в вибрационных скоростных аппаратах, что обеспечивает повышение дисперсности вяжущих материалов при меньших энергозатратах. Критериями эффективности управления процессами формирования структур в технологии получения растворов на основе коллоидных цементных систем, являются: достижение предельной однородности распределения дисперсных фаз во всем объеме дисперсной системы.

Рецептура коллоидно-цементных растворных смесей предусматривает наличие как дистрибутивных, так и дисперсионных транспортных процессов внутри смесителя. Исследования показали, что эффективность перемешивания зависит от размера частиц.

В этой связи при разработке методов их получения важно правильно определить составы смесей и подобрать условия их смешивания для получения однородного распределения дисперсных частиц во всем объеме дисперсной среде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для разработки декоративных покрытий на основе коллоидных цементных материалов выбраны способы переработки исходного сырья механохимической активации, виброперемешивания и модифицирования дисперсных систем ПАВ и другими добавками, позволяющие получить высококонцентрированные дисперсные коллоидные цементные материалы с низкой эффективной вязкостью и высокими эксплуатационными свойствами.

Для получения декоративных покрытий на основе коллоидных цементных смесей использовали бездобавочный портландцемент компании ТОО «Бухтарминская цементная компания», природные пески, различные наполнители (дробленный бетонный лом, метакаолин и др.), добавки и пигменты. Взамен природного песка также применяли дробленный бетонный лом. Отходы тяжелого бетона, полученного из портландцемента ПЦ400-Д0 по ГОСТ 10178, подвергали дроблению и рассеву для выделения фракции с размерами зерен менее 5 мм. Согласно химическому и минералогическому анализу, отсев дробления соответствует требованиям, предъявляемым к заполнителю, по зерновому составу модуль крупности песка ($M_k=2,8$), по полному остатку на сите 0,63 и 0,16 относится к крупному. Для получения стабильных результатов исследований смесей для декоративных покрытий песок из дробленного бетонного лома фракционировали.

Истинная плотность песка из отсева бетонного лома фракции 2,5-0,16 составила 2,64 г/см³, фракции 1,25-0,16 – 2,56 г/см³. Насыпная плотность песка фракции 2,5-0,16 составила 1586 кг/м³, фракции 1,25-0,16 – 1594 кг/м³. Песок обладает пустотностью 39,6 % для фракции 2,5-0,16 и 38,5 % для фракции 1,25-0,16.

Для модифицирования цементных коллоидных материалов применяли различные добавки. Для изучения основных свойств тонкомолотых цементных систем с наполнителями различного генезиса была исследована добавка редисперсный полимерный порошок (РПП). Для улучшения гидрофобных свойств коллоидных цементных систем применялись порошковые гидрофобизаторы различной химической основы. В технологии коллоидных цементных материалов использовали активные минеральные добавки (метакаолин).

Характеристики и вещественный состав сырьевых материалов, добавок по результатам проведенных исследований и испытаний показывают возможность их применения для получения декоративных покрытий на основе коллоидных цементных смесей

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены исследования по оптимизации основных технологических параметров производства коллоидных цементных систем для отделки наружных панелей. Ранее выполненными исследованиями было установлено, что пески и дробленый бетонный лом обладают хорошей размальываемостью. Экспериментально было определено, что оптимальная дисперсность цемента и наполнителя составляет 550-560 м²/кг.

Измельчение песка или дробленного бетонного лома позволяет не только повысить их удельную поверхность и получить требуемый гранулометрический состав, но и улучшить качество поверхности частиц путем удаления и разрушения поверхностных неактивных пленок. Создание вновь образованной улучшенной (без загрязнений) поверхности зерен наполнителя повышает его реакционную способность в различных процессах.

Поэтому были выполнены исследования по оптимизации параметров тонкого помола цемента и наполнителей (природного песка и дробленного бетонного лома). Ранее было установлено, что совместная активация компонентов коллоидного цементного вяжущего (клея) с модифицирующей добавкой приводит к повышению прочности образцов во все сроки твердения, особенно в первые сутки почти в 1,5 раза. При этом ввод модифицирующих добавок обеспечивает возрастание в цементном камне количества низкоосновных гидросиликатов кальция, обладающих клеящей способностью и способствующих увеличению адгезионной прочности раствора для декоративных покрытий.

В процессе гидратации и твердения коллоидного цементного композита происходит изменение структуры цементного камня, которые сопровождаются самоорганизацией структуры на протяжении всего периода взаимодействия портландцемента с тонкомолотым наполнителем и модифицирующими добавками.

Основной задачей оптимизации составов коллоидного цементного вяжущего являлся подбор наиболее эффективного соотношения цемента и тонкомолотого наполнителя из бетонного лома, оптимального количества добавок-модификаторов, а далее соотношение коллоидного цементного клея и песка (заполнителя) с целью получения растворных составов для декоративных покрытий, обладающих высокими прочностными показателями. Исследования показали, что с увеличением содержания наполнителя отмечается замедление сроков схватывания цементного теста, связанное с тем, что в условиях изменяющегося количества цемента относительное содержание минералов в нем, вступающих в реакцию гидратации с водой, уменьшается. Выявлено, что наполнитель метакаолин и вводимая полимерная добавка с момента затворения водой оказывают на цементное тесто пептизирующее и структурообразующее действие, ускоряя тем самым процесс гидратации и твердения цементного камня.

Для оценки свойств коллоидного цементного вяжущего был выбран оптимальный состав: расход цемента в составе вяжущего принят 70 %, расход тонкомолотых бетонного лома или природного песка – 30 %. Высокая дисперсность порошка (550 м²/кг) способна обеспечить необходимую кинетику формирования свойств коллоидного цементного клея для декоративных покрытий в условиях тонкослойной технологии, при минимальном расходе модифицирующих добавок и обеспечивает повышенную пластичность и водоудерживающую способность смеси, а также позволяет снизить расход на единицу поверхности за счет нанесения тонким слоем, т.к. минеральный состав подобран таким образом, чтобы расход модифицирующих добавок был минимальным.

Формирование структуры наполненных цементных композитов – это результат совместного протекания структурообразования и формирования пространственного кристаллического каркаса. Ранее проведенные исследования показали, что тонкомолотый наполнитель принимает самое активное участие в формировании прочности наполненной цементной системы и для этого необходима оптимальная концентрация дисперсной составляющей.

Структурообразование в коллоидно-цементных системах – это результат синтеза

химического, физико-химического и физико-механического процессов, в результате которых формируется прочность камня, в чем песок (заполнитель) принимает самое активное участие. Песок является неотъемлемым компонентом коллоидно-цементных клеевых составов. Для разных работ и слоев раствора используют песок с различным размером зерен, которые позволяют сократить расход КЦВ (вяжущего) без заметного падения прочностных характеристик цементного камня, а также снизить усадочные деформации

Для создания эффективных составов необходимо применение комбинации нескольких фракций песка, которые будут дополнять характеристики другого. В составах, предназначенных для нанесения тонким слоем должны содержаться пески не крупнее 1,25 мм. Составы, предназначенные для нанесения фактурных, декоративных штукатурок и для нанесения толстым слоем основаны на песках с наибольшей крупностью 2,5-1,255 мм.

Для подбора оптимального состава смеси для декоративных покрытий на основе коллоидного цементного вяжущего был использован природный песок с крупностью зерен 0,16-2,5 мм. Песок использовали сухой, чистый с оптимальной гранулометрией (зерновым составом) в соответствии с назначением изготавливаемой смеси для декоративных покрытий. Для разных слоев раствора использовали зерна песка различного размера. Для верхнего слоя использовали 1,25-0,63 мм, для первых слоев принимали песок с размером зерен 2,5-1,25 мм. Песок, используемый для экспериментов, имел остро ребристую и шероховатую поверхность, что обеспечивало хорошее сцепление с коллоидным цементным вяжущим.

Наиболее эффективным с точки зрения технологии и затрат на просеивание является разделение песка на фракции с размерами частиц 2,5-1,25, 1,25-0,63, 0,63-0,315, 0,315-0,16.

Влияние гранулометрического состава песка на прочностные характеристики декоративных покрытий на основе коллоидного цементного клея зависит от соотношения коллоидного цементного вяжущего к песку. Установлено, что наименьшей прочностью обладают образцы, полученные при использовании мелкого песка с модулем крупности 1,0-1,5, при соотношении вяжущее: песок (1:3). Наибольшей прочностью обладают образцы при использовании средних песков с модулем крупности 2,0-2,5. Исследования показали, что очень важно поддерживать оптимальные ситовые характеристики песка, при которых обеспечиваются плотная упаковка зерен и, примерно, одинаковые доли фракций.

Оптимальную гранулометрию песка определяли соотношением фракций заполнителя, обеспечивающих наиболее плотную упаковку частиц. Максимальное значение насыпной плотности служило критерием плотной упаковки зерен песка. Измерение плотности природного песка проводили по СТ РК 1217. Истинная плотность песка фракции 2,5-0,16 мм составила 2,64 г/см³, фракции 1,25-0,16 мм – 2,56 г/см³. Насыпная плотность песка фракции 2,5-0,16 мм составила 1586 кг/м³, фракции 1,25-0,16 мм – 1594 кг/м³. Была определена пустотность крупной и мелкой фракций песка. Экспериментальные исследования показали, что наименьшим значением межзерновой пустотности обладает песок фракции 1,25-0,16 мм – 20,35 %. Песок фракции 2,5-0,16 мм обладает пустотностью 21,8 %.

Гранулометрический состав песка, обеспечивающий максимальную упаковку зерен, также представлен в таблице 2. На основе результатов исследований был выбран ряд составов (таблица 2), которые обладают наиболее улучшенными технологическими и физико-механическими характеристиками. Исследования показали, что коллоидно-цементные смеси, в состав которых входят крупные фракции песка, обладают более высокими прочностными показателями (1, 3, 4, 5, 8, 9 и 11). Фракция песка 2,5-1,25 мм создает каркас и влияет на прочностные характеристики. Более мелкие фракции песка 1,25-0,63 мм, являясь средними, заполняют межзерновое пространство более крупных фракций. Из однофракционных составов наибольшими прочностными характеристиками обладают составы 14 и 15. С увеличением содержания более мелкой фракции 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм возрастает насыпная плотность смеси за счет получения в них более плотной

упаковки зерен. Увеличение в составе смеси фракции 1,25-0,63 мм и 2,5-1,25 мм, приводит к снижению плотности упаковки зерен при максимальном содержании фракции 0,315-0,16 мм.

Таблица 1. Гранулометрический состав песка, обеспечивающий максимальную упаковку зерен

Номер состава	Вяжущее	Фракции песка, мм				Насыпная плотность, кг/м ³	Насыпная плотность в уплотненном состоянии, кг/м ³
		2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,16		
для выполнения штукатурных покрытий							
1	100	100	100	100	-	1440	1510
2	100	100	-	100	100	1430	1490
3	100	100	200	-	-	1425	1485
4	100	100	-	200	-	1430	1490
5	100	200	100	-	-	1420	1495
6	100	200	-	100	-	1400	1470
7	100	200	-	-	100	1390	1460
для нанесения тонких штукатурных накрывочных покрытий							
8	100	-	100	100	100	1430	1485
9	100	-	100	200	-	1435	1495
10	100	-	100	-	200	1425	1485
11	100	-	200	100	-	1420	1490
12	100	-	200	-	100	1410	1475
13	100	300	-	-	-	1390	1460
14	100	-	300	-	-	1380	1455
15	100	-	-	300	-	1380	1450
16	100	-	-	-	300	1375	1445

Исследования показали, что коллоидно-цементные смеси, в состав которых входят крупные фракции песка, обладают более высокими прочностными показателями (1, 3, 4, 5, 8, 9 и 11). Фракция песка 2,5-1,25 мм создают каркас и влияют на прочностные характеристики. Более мелкие фракции песка 1,25-0,63 мм, являясь средними, заполняют межзерновое пространство более крупных фракций. С увеличением содержания более мелкой фракции 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм возрастает насыпная плотность смеси за счет получения в них более плотной упаковки зерен. С увеличением в составе смеси фракции 1,25-0,63 мм и 2,5-1,25 мм, наоборот, приводит к снижению плотности упаковки зерен, при максимальном содержании фракции 0,315-0,16 мм.

Как показали результаты экспериментальных исследований установлено, что наибольшей скоростью набора прочности в ранние и последующие сроки обладают составы 1, 3, 4, 5, 8, 9 и 11.

Следующим важным технологическим показателем коллоидно-цементных растворов смесей является водоудерживающая способность, обеспечение высоких показателей которой позволяет предотвратить расслоение смеси и наносить их на пористые основания. Согласно ГОСТ 31357 водоудерживающая способность должна составлять не менее 95 %. Экспериментально установлено, что все составы обладают водоудерживающей способностью 98-99 %, что значительно выше требуемых значений.

Были проведены исследования свойств коллоидных цементно-песчаных растворов в соответствии с ГОСТ 5802 и ГОСТ 31356 на образцах-кубиках размером 70×70×70 мм. Определение капиллярного водопоглощения проводили на образцах-балочках 40×40×16 мм. При изготовлении образцов сначала перемешивали сухие компоненты, после чего смесь затворяли водой. Подвижность смесей была одинаковой и составляла 8-9 см. Исследования затвердевших растворов проводили после 28 суточного хранения образцов в нормально-влажностных условиях. Для проведения испытаний готовили цементно-песчаные растворы

при соотношении вяжущее: песок 1:3. В качестве заполнителя использовали смесь фракций песка 2,5-1,25, 1,25-0,63 и 0,63-0,315 в соотношении 40:30:30. Для растворов для нанесения тонких штукатурных покрытий использовали песок фракции 0,63-0,315 и 0,315-0,16. Результаты исследований водопоглощения приведены в таблице 3.

Исследование коллоидно-цементных растворов на основе разработанных составов показало, что водонепроницаемость полученных растворов составляет от 1,2 до 1,6 МПа, что соответствует марке по водонепроницаемости В10-В16.

Морозостойкость цементного камня на основе коллоидного цементного клея (КЦК) составляет минимум 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания в воде. Исследования морозостойкости КЦК показали, что главным фактором, который определяет величину напряжений в стенках капилляров цементного камня при замерзании воды, определяет не только степень заполнения имеющихся капилляров водой, но и внутренние размеры капилляров и толщина стенок.

Таблица 2. Водопоглощение образцов

Наименование растворной смеси	Водопоглощение, % по массе	Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м ² ·ч ^{0,5}
Коллоидно-цементный раствор для штукатурных покрытий	5,5	0,35
Коллоидно-цементный раствор для тонких накрывочных покрытий	5,3	0,32

Основные свойства коллоидно-цементных растворных смесей и затвердевшего раствора представлены в таблице 3.

Из результатов проведенных исследований следует (таблица 3), что разработанные коллоидно-цементные растворы для декоративных покрытий обладают не только необходимой подвижностью, но и высокими прочностными показателями: предел прочности при сжатии в 28-суточном возрасте – 59,0-59,9 МПа; прочность сцепления с основанием – 2,0-2,52 МПа. Использование тонкомолотого бетонного лома, применяемого в качестве добавки-наполнителя в портландцемент, позволяет изготавливать эффективные высокопрочные декоративные покрытия с удельным расходом коллоидно-цементного порошка от 8,7 до 11,7 кг на 1 МПа прочности. Полученный коллоидный цементный материал характеризуется малой усадочной деформацией (0,313-0,694 мм/м).

Таблица 3. Основные свойства коллоидно-цементных смесей и затвердевшего раствора

Параметр	Номер состава								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Водоудерживающая способность смеси, %	99,87	98,1	99,84	99,85	98,65	98,4	98,25	98,75	
Сохраняемость смеси, мин	55	50	50	50	45	50	50	45	
Марка по подвижности	Пк3								
Плотность смеси, кг/м ³	3139	2140	2136	2125	2121	2140	2152	2145	
Водопоглощение, % по массе	3,2	3,9	3,3	3,5	3,4	4,5	4,7	4,0	
Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м ² ·ч ^{0,5}	0,17	0,19	0,18	0,19	0,18	0,29	0,32	0,27	
Предел прочности при сжатии, МПа	1 сут	19,5	18,8	19,2	19,5	9,3	18,9	8,7	18,0
	3 сут	27,1	26,4	27,5	27,0	26,5	26,5	26,2	25,2
	28 сут	59,9	58,7	59,5	59,6	59,4	59,2	59,0	59,3
Предел прочности	1 сут	2,52	2,43	2,50	2,51	2,51	2,32	2,2	2,51
	3 сут	4,1	3,37	3,39	3,95	2,37	3,15	3,0	3,9

при изгибе, МПа	28 сут	8,1	7,9	8,0	7,8	7,9	7,4	7,2	7,8
Усадка (-) / набухание (+), мм/м		-0,315	-0,476	-0,372	-0,404	0,38 8	-0,392	- 0,523	- 0650
Марка по морозостойкости		F400	F350	F400	F400	F400	F300	F300	F350

Параметр	Номера составов						
	9	10	11	12	13	14	15
Водоудерживающая способность смеси, %	98,82	98,5	98,9	98,4	97,2	98,4	98,4
Сохраняемость смеси, мин	50	40	45	40	40	45	50
Марка по подвижности	Пк3						
Плотность смеси, кг/м ³	2147	2150	2149	2152	2149	2155	2160

Водопоглощение, % по массе		4,0	4,4	4,0	4,3	4,3	4,4	4,5
Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м ² ·ч ^{0,5}		0,26	0,29	0,25	0,28	0,29	0,30	0,31
Предел прочности при сжатии, МПа	1 сут	18,3	18,0	18,5	17,5	15,3	0,5	0,0
	3 сут	25,25	23,6	25,1	23,5	228	22,9	22,4
	28 сут	59,0	58,6	59,5	59,0	57,6	58,2	57,8
Предел прочности при изгибе, МПа	1 сут	2,48	2,35	2,48	2,10	1,70	1,40	1,35
	3 сут	3,89	3,10	3,90	3,20	2,50	2,10	2,00
	28 сут	7,7	7,40	7,80	7,20	6,40	6,50	6,20
Усадка (-) / набухание (+), мм/м		-0,410	-0,654	-0,379	-0,588	-0,400	- 0,426	- 0,685
Марка по морозостойкости		F400	F350	F400	F400	F400	F300	F300

ВЫВОДЫ

Оптимизация основных технологических параметров позволила получить сухие строительные смеси для декоративных покрытий бетонов, обладающие высокими эксплуатационными свойствами.

Исследования показали, что с увеличением содержания наполнителя отмечается замедление сроков схватывания цементного теста, связанное с тем, что в условиях изменяющегося количества цемента относительное содержание минералов в нем, вступающих в реакцию гидратации с водой, уменьшается.

Увеличение содержания песка в растворной смеси способствует уменьшению развития деформации усадки, снижению риска распространения усадочных трещин и разрушению покрытия, а также снижению доли вяжущего, а значит и цемента, что является приоритетным направлением повышения экономической эффективности.

По своим строительно-техническим характеристикам разработанные сухие строительные смеси соответствуют требованиям, предъявляемым к этим видам строительных материалов, а по некоторым показателям значительно их превышают и могут быть рекомендованы в качестве базовых составов для производителей сухих строительных смесей. Полученные результаты подтверждают перспективность использования тонкомолотого бетонного лома, который представляет собой экологически чистый материал, в качестве наполнителей в коллоидном цементном вяжущем для снижения расхода цемента, а также для стабилизации смеси и предотвращения водоотделения.

Таким образом, выполненные исследования показали, что оптимизация технологических параметров получения декоративных покрытий на основе дисперсных цементных систем приводит к улучшению технологических свойства смесей, прочностных и эксплуатационных характеристик конечного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами // Строительные материалы. – 2008. № 3. – С. 42 - 43.
2. Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В., Пуршева А.В., Ахметзянова М.А., Худовекова Е.А. Цементы низкой водопотребности центробежно ударного помола // Строительные материалы. 2019.–№ 1–2.– С. 23-27.
3. Шишкин А. А., Астахова Н. В. Активированные вяжущие вещества и бетоны на их основе. – М., 2001.– 103 с.
4. Юдович Б.Э., Звездов А.И., Джантимиров Х.А. Сухие смеси на основе наномодифицированного цемента // Строительные материалы. 2019.– № 7. –С. 57-59.
5. Овчинников Д.А. Исследование конструктивно-технологических параметров установки для пневматической механоактивации цемента // Фундаментальные исследования. 2013. – № 4-3. – С. 586-591.
6. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. –№ 12. – С. 81-83.
7. Морозов М.Н., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Сравнительная оценка мельниц по размолоспособности песка и его эффективности в цементных бетонах // Известия Казанского ГАСУ. 2011. – №1.– С.177-181.
8. Шишканов К.А., Дмитрак А.Ю. Анализ конструкций и основных характеристик вибрационных мельниц // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011.– № 4.– С. 324.
9. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. анализ, инновации, изобретения // Успехи современного естествознания. 2014. – № 5–1. – С. 182–182.
10. Беззубцева М.М. Прикладные исследования энергоэффективности электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. 2016. – № 9–1. – С. 83–83.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОМОЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА НА БАЗЕ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

Р.Р. Шарапов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, SharapovRR@mgsu.ru

Аннотация

В статье приводятся различные схемы замкнутого цикла на базе шаровых мельниц. Вводятся новые параметры оценки эффективности их работы, такие как производительность помольного агрегата, удельные затраты энергии при помоле, металлоемкость при выпуске продукции, удельная объемная производительность, удельные затраты энергии на единицу удельной поверхности энергонапряженность помола цемента в помольных агрегатах замкнутого цикла на базе шаровых мельниц. Делается вывод, что для повышения эффективности необходимо использовать новые методы помола цементного клинкера и добавок.

ВВЕДЕНИЕ

Технологические системы измельчения продуктов цементного производства широко используются при получении цементов различного качества. Современные помольные системы для получения высокомарочных цементов используют замкнутый цикл измельчения с использованием традиционных шаровых мельниц [1, 2]. Шаровые мельницы оснащаются различными типами сепарационных устройств с различными схемами их применения. При этом наблюдается различная эффективность процесса. Наибольшая эффективность технологических систем измельчения с шаровыми мельницами наблюдается при использовании воздушных сепараторов третьего поколения, которые также называются динамическими сепараторами. Применением динамических сепараторов при строительстве новых предприятий или при реконструкции старых повышается так называемая энергетическая эффективность рассмотренных выше помольных систем, что говорит в пользу применения такого типа сепараторов. Однако до сих пор в отечественной и зарубежной литературе нет четкой системы оценки эффективности таких технологических систем измельчения. В данной статье дана оценка эффективности работы шаровых мельниц замкнутого цикла в различной конфигурации, оснащенных воздушными сепараторами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из самых распространенных параметров, оценивающих работу помольных систем, является удельная поверхность готового продукта, определяемая параметром S , которая варьируется от 2800 до 6000 см²/г. Также работа этих устройств характеризуется удельными затратами электроэнергии q , затрачиваемой на помол цементного клинкера и добавок, которая колеблется от 30 до 100 кВт·ч/т. Следующим параметром, характеризующим конструктивную особенность рассматриваемого устройства, будет металлоемкость при помоле единицы продукции. Величина этого параметра определяется отношением массы M помольного агрегата к его производительности Q (т/(т/ч)). Другим показателем, которым мы будем оценивать эффективность процесса в данной статье - это единица энергии затрачиваемой на помол цементного клинкера на единицу готового продукта, определяемого удельной поверхностью, как отношение удельных затрат электроэнергии q на удельную поверхность готового продукта S , в кВт·ч·кг/м².

В качестве базы для сравнения нами принята широко распространенная в мире схема измельчения цементного клинкера с шаровой мельнице и разделением продуктов измельчения в воздушном сепараторе. Готовый продукт отправляется на склад готового продукта, а крупная фракция (крупка) возвращается на домол в шаровую мельницу. Такая

схема представлена на рис. 1. Интересным нам в этой связи является также оценка объемной производительности самой шаровой мельницы, определяемая отношением ее производительности Q к объему барабана самой мельницы V ((т/ч)/м³). Этот параметр характеризует эффективность работы внутримельничных устройств (футеровки, межкамерных перегородок и т.д.), правильность подбора ассортимента мелющих тел, аэродинамический режим и прочее.

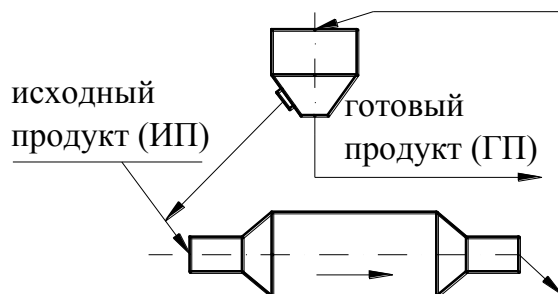


Рис. 1. Технологическая схема измельчения «шаровая мельница- сепаратор»

Помольные агрегаты, работающие по схеме, представленной на рис. 1, имеют самые разнообразные размеры: диаметром от 2,0 до 6,0 м и длиной от 10 до 16 м при потребляемой приводом мощности от 1 до 10 МВт [3]. Они позволяют получать продукт с самыми широкими параметрами зернового состава цемента по распределению Розина-Рамлера-Беннета-Шперлинга, а именно коэффициент неравномерности распределения n от 0,85 до 1,1; характеристический размер d' от 10 до 35 мкм.

Самая крупная из установленных в Российской Федерации шаровая мельница размерами 4,6×14 м и потребляемой мощностью более 4200 кВт показала производительность 126 т/ч. При качестве готового продукта, определяемого удельной поверхностью порошка, равном 3230 см²/г удельные затраты на измельчение помольной установкой составили 35 кВт·ч/т. [4]. При этом параметр q/S составил $1,08 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м², а металлоемкость - 6,9 т/(т/ч) при удельной объемной производительности помольного агрегата замкнутого цикла 0,62 (т/ч)/м³.

Перевод шаровых мельниц в замкнутый цикл приводит к повышению эффективности их работы. Например, фирма *Christian Pfeiffer*, ФРГ, провела модернизацию линии помола клинкера и добавок с мельницей размером 2,6×13 м с установкой динамического сепаратора этой же фирмы. При этом предполагалось увеличить интенсивность аспирации шаровой мельницы. После реконструкции линии зафиксирован рост производительности помольного агрегата с 25 до 38 т/ч при снижении температуры измельчаемого цемента со 130 °С до 70...80 °С за счет его охлаждения омывающим аспирационным воздухом [5]. В результате этого повышения аспирационного режима и перевода мельницы в замкнутый цикл наблюдалось снижение удельного расхода электроэнергии с 41,4 до 29,5 кВт·ч/т. При этом также наблюдается снижение параметра q/S с 1,39 до $0,98 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². Металлоемкость единицы готового продукта после реконструкции линии составила 8,95 т/(т/ч) при увеличении удельной объемной производительности до уровня 0,63 (т/ч)/м³.

При замене этой же компанией сепаратора 2-го поколения на динамический на помольном агрегате размером 4×13,5 м без снижения марки цемента увеличилась производительность установки с 57 до 86 т/ч. Такое увеличение в производительности стало возможным в первую очередь за счет перераспределения зернового состава цемента и снижения доли переизмельченных частиц, а именно, удельная поверхность цемента снизилась с 4700 до 3800 см²/г. Это привело в итоге к снижениям удельного расхода электроэнергии с 52,1 до 36,7 кВт·ч/т и параметра q/S с 1,14 до $0,96 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². Энергонапряженность помола цемента составила 21,73 кВт/м³, при металлоемкости единицы

готовой продукции продукции 7,8 т/(т/ч) и удельной объемной производительности, равной 0,62 (т/ч)/м³.

Другим сравнительно дешевым способом повышения эффективности работы шаровых мельниц замкнутого цикла является оптимизация внутримельничных устройств и загрузки. Например, для помольного агрегата размером 4×13,5 м проведение комплекса таких процедур позволило увеличить его производительность с 98,8 т/ч на 20 % на цементе марки ПЦ400 [6]. В результате этих мероприятий удельный расход электроэнергии снизился с 29,0 до 23,2 кВт·ч/т, при снижении параметра q/S до $0,82 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². И достигнуты следующие результаты: металлоемкость продукции - 5,67 т/(т/ч) и удельная объемная производительность - 0,778 (т/ч)/м³.

Одним из существенных недостатков шаровых мельниц является то, что в середине барабана мельницы находится до 50 % готового продукта [7, 8]. Это значительно снижает эффективность работы мелющей загрузки. Для решения этой проблемы предложена технологическая схема измельчения с промежуточной разгрузкой. Для этого в корпусе барабана мельницы делаются специальные окна для прохода продуктов измельчения. После разделения в воздушном сепараторе готовый продукт направляется на склад, а крупка может направляться как во вторую камеру, так и в первую (рис. 2).

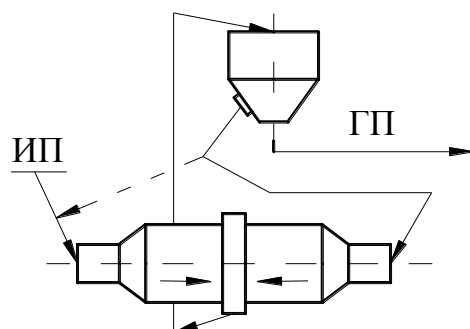


Рис. 2. Технологическая схема измельчения с промежуточной разгрузкой

Для примера приведена шаровая мельница размером 4×12 м с тремя камерами, оснащенная воздушным сепаратором. Суммарная потребляемая мощность помольного агрегата - 3,10 МВт. При помолу цемента марки СЕМ I-42,5R при удельной поверхности S равной 3100 см²/г производительность агрегата составляет 82 т/ч при удельных энергозатратах на измельчение - 41,7 кВт·ч/т. При данной схеме измельчения металлоемкость единицы порошка - 7,95 т/(т/ч), удельной объемной производительности - 0,64 (т/ч)/м³ параметр q/S - $1,36 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м².

Существенным недостатком такой схемы является то, что материал второй камеры может быть готовым продуктом, и на сепарацию направлять его нецелесообразно т.к. это значительно увеличивает нагрузку на транспортные системы и в целом может снижать эффективность работы сепарационного устройства.

Для устранения данной проблемы интересной схемой измельчения с промежуточным разделением нам представляется следующая: шаровая мельница, оснащенная двумя сепараторами и двумя цепными элеваторами. Тут возможно направлять грубую фракцию как в первую, так и во вторую камеры мельницы [9]. Одним из преимуществ такой схемы является то, что у исследователей и технологов предприятия появляется возможность независимой настройки каждого из сепараторов в зависимости от требований к дисперсности конечного продукта. Существенным недостатком рассмотренной схемы является то, что увеличивается количество транспортных установок, а также возрастают требования к квалификации обслуживающего персонала.

Интересной является схема двухстадийной двухконтурной помольной установки с промежуточной разгрузкой, установленной в бельгийском городе Обург (рис. 3) [10].

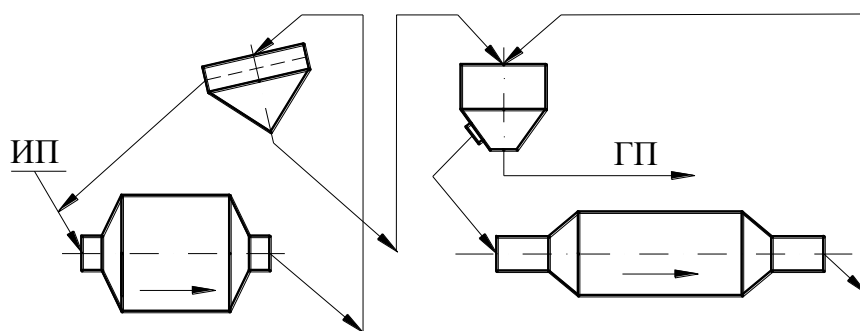


Рис. 3. Двухстадийная двухконтурная технологическая схема измельчения с промежуточной разгрузкой

Первая стадия и первый контур имеет шаровую мельницу размером $6 \times 3,5$ м и потребляемой мощности приводом 2020 кВт. Шаровая мельница оснащена ковшовым элеватором, который подает продукты измельчения в вибрационный грохот с размером отверстия сита 2 мм. Грубая фракция, не прошедшая сито, направляется на домол в мельницу, а тонкая фракция направляется на вторую стадию измельчения и попадает в два воздушных сепаратора второго поколения, готовая фракция из которых направляется на склад готовой продукции, а грубая направляется в шаровую мельницу второй стадии.

Вторая стадия и второй контур состоит из шаровой трубной мельницы размером $4,8 \times 13,2$ м с двумя воздушными сепараторами и транспортными устройствами и помольный агрегат потребляет— 4410 кВт. При помоле цемента с удельной поверхностью $2700 \text{ см}^2/\text{г}$ производительность помольного агрегата в целом составляет 250...260 т/ч, что соответствует по *EN-197 CEM I 32,5N*, а при помоле цемента с удельной поверхностью $3500 \text{ см}^2/\text{г}$ (*CEM I 52,5N*) производительность снижается до 160...175 т/ч цемента. Таким образом, суммарные затраты электроэнергии на помол составляют 27,8 кВт·ч/т при помоле низкомарочного цемента и 44,2 кВт·ч/т при помоле высокомарочного. Параметр q/S составил соответственно $1,04 \cdot 10^{-4}$ и $1,28 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². Металлоемкость продукции при помоле цемента марки *CEM I 52,5N* составила 5,8...6,35 т/(т/ч) при удельной объемной производительности, равной 0,52...0,57 (т/ч)/м³.

Низкие показатели эффективности работы двухстадийной двухконтурной технологической схемы измельчения с промежуточной разгрузкой можно объяснить невысокой эффективностью сепараторов второго поколения, а также большим количеством основного и вспомогательного оборудования, потребляющего значительную мощность.

Опыт применения различных систем измельчения показал, что с применением технологии предизмельчения цементного клинкера можно повышать эффективность всего цементного производства. Для отказа от вибрационного грохота в качестве предизмельчителя можно применять трубные шаровые мельницы на первой стадии предизмельчения (рис. 4). Материал получается достаточно высокой дисперсности, для того, чтобы вторую мельницу настроить только на домол порошка. При помоле цемента, соответствующий марке ПЦ 500, удельный расход энергии на помол цемента, соответствующий марке ПЦ 500, составляет 38,2 кВт·ч/т, при этом параметр q/S соответственно составляет $1,02 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м², что ниже, чем такой же показатель, достигнутый у схемы с барабанной и трубной мельницей.

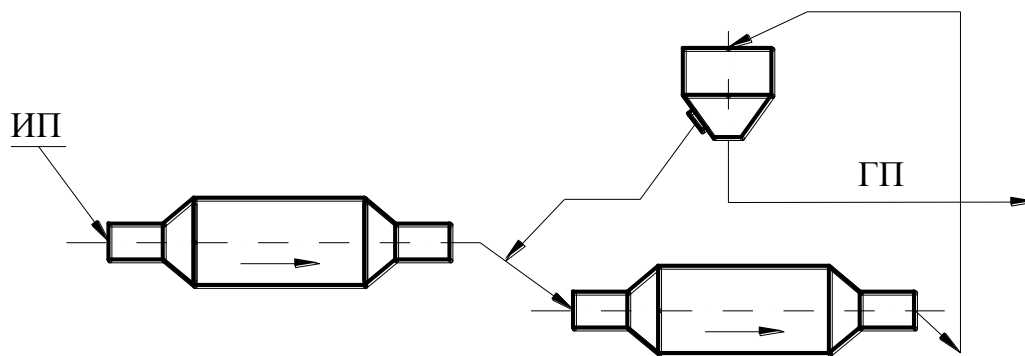


Рис. 4. Двухстадийная одноконтурная технологическая схема измельчения промежуточной разгрузкой и шаровой мельницей с динамическим сепаратором на второй стадии

Немецкая компания *Polysius* разработала сушильно-помольную установку с камерой подсушки и двусторонней подачей исходного материала и грубой фракции в барабан шаровой мельницы «*Doppelrotator*». Особенностью представленной в статье мельницы является то, что мельница вентилируется большим количеством горячих газов для подсушки сырьевых компонентов. При производительности около 350 т/ч мельница имеет диаметр барабана 5,8 м и две скорости движения воздушного потока: в камере грубого измельчения – 7,5 м/с, а в камере тонкого измельчения – 2,5 м/с. Количество просасываемых через шаровую мельницу газов составляет более 350 000 м³/ч [11].

Датская фирма *F.L.Smith* разработала динамический сепаратор третьего поколения *Sepax* модификации *IC* для строительства новых цементных заводов и реконструкции старых. На мельнице размером 4×12 м с установкой отдельной очистки воздушных потоков при готовом продукте с удельной поверхностью 3400...3500 см²/г производительность возросла с 76 до 100 т/ч, а q снизилось с 41,2 до 32,4 кВт·ч/т [12]. Параметр q/S снизился с 1,21 до $0,95 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². При этом сепаратор показал эффективность разделения при S , равном 3400...3500 см²/г около 80 %.

В компании *Воскресенскцемент* на шаровой мельнице размером 4,0×13,5 м немецкой фирмой *Christian Pfeiffer* установлен воздушный сепаратор третьего поколения *QDK 29-N* [13]. Особенностью реконструкции является то, что весь сепарационный воздух сбрасывается в сепарационный фильтр. За счет этого происходит снижение температуры как готового цемента, так и крупки, которая в свое время также снижает температуру процесса в барабане мельницы. Проведенные здесь мероприятия, с учетом совершенствования процесса разделения в динамическом сепараторе, и процесса измельчения в барабане шаровой мельницы при производстве высокомарочного цемента позволили снизить удельный расход электроэнергии до 32...33 кВт·ч/т при снижении параметра q/S до $(0,94...0,97)10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². металлоемкость производства цемента снизилась до 5,90...6,10 т/(т/ч) при росте объемной производительности помольного агрегата на единицу продукции до 0,68...0,75 (т/ч)/м³, что показывает экономическую эффективность реконструкции существующих помольных агрегатов на базе шаровых мельниц замкнутого с установкой динамических сепараторов с учетом реальных условий действующих производств.

ВЫВОДЫ

Проведенный выше анализ технологических схем измельчения на базе шаровых мельниц замкнутого цикла, оснащенных динамическими сепараторами по различным схемами компоновки показал, что затраты электроэнергии на процесс измельчения клинкера и добавок составляют от 50 до 32 кВт·ч на каждую тонну порошка. Затраты металла в оборудовании на производство единицы продукции составила от 5,90 до 8,9 т/(т/ч) при удельной объемной производительности помольного агрегата от 0,62 до 0,78 (т/ч)/м³ и параметре q/S составил от 1,35 до $0,94 \cdot 10^{-4}$ кВт·ч·кг/м². Показано, что повышение эффективности процесса измельчения цементного клинкера и добавок, снижение

металлоемкости помольных установок действующих современных технологических схем измельчения типа близки к предельным и необходимо разрабатывать новые принципы производства порошков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голицын Г.С. Парниковый эффект и изменения климата // Природа. 1990. № 7. С. 17—24.
2. Дуда В. Цемент. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
3. Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Алфимова Н.И. Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24—25.
4. Cement News. // Cement International. 2003. № 6. Р. 2—3.
5. Михин А. С., Вортман И. З., Эймерт Р. Мельница нового поколения // Цемент и его применение. 2007. № 4. С. 32—33.
6. Пихльмайер Э. Модернизация цементных помольных установок // Цемент и его применение. 2000. № 2. С. 41—45.
7. Merik G. P. Influence du drayage et la mode de conservation. 7 Congress international dela chimie des cements. Paris, 1980. P. 1—41.
8. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу об разрушении материалов. Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5—8.
9. Богданов В. С., Несмеянов Н. П., Пироцкий В. З., Морозов А. И. Механическое оборудование предприятий строительных материалов. Белгород: БелГТАСМ, 1998. 180 с.
10. Пироцкий В. З., Нилова Г. М. Экспериментальное исследование схем измельчения и свойств цементов с добавками. М.: НИИЦемент, 1986. Вып. 90. С. 60—68.
11. Tiggeebaumker P., Blasczyk G. Rohmehlmahlanlagen fur groese Durch_ satzleistungen. Raw mix grinding plant for large throughputs // Zement – Kalk – Gips. 1975. № 4. P. 156—161.
12. The Sepax success in cement grinding now continues in raw grinding // Pit and Quarry. 1987. № 12. P. 64.
13. Global Projects // World Cement. December. 2007. P. 87—90.

МАЛОЦИКЛОВАЯ УСТАЛОСТЬ ПЛОСКОГО ПРОКАТА ИЗ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-Mg-Si

А.Н. Шувалов¹, О.А. Корнев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,

¹*edic@mgsu.ru*

²*kornevoa@mgsu.ru*

Аннотация

Исследовано сопротивление малоциклового усталости горячекатаных плит, изготовленных из алюминиевого сплава марки 6082 системы Al-Mg-Si. При испытании образцов без трещин, нагруженных вдоль направления прокатки, методом построения кривых циклического деформирования и их обобщения установлены циклическая стабильность сплава и циклический предел пропорциональности. Изучены условия зарождения и развития трещины усталости на серии образцов с отверстиями и краевой трещиной. Построением диаграммы усталостного разрушения экспериментально установлены зависимость скорости роста усталостной трещины в плите от числа циклов нагрузки, определены численные значения коэффициентов расчетного уравнения для линейного участка диаграммы.

Выявлены различия концентрации интенсивности напряжений и деформаций в плоском прокате с круглыми и эллиптическими отверстиями.

Получены характеристики, необходимые для расчета сборных конструкций из толстолистовых алюминиевых полуфабрикатов сплава марки 6082, эксплуатируемых в условиях малоциклового усталости.

ВВЕДЕНИЕ

Исследуемый в данной работе сплав марки 6082 относится к термически упрочняемым сплавам системы Al-Mg-Si и отличается от его отечественного аналога марки АД35 видом поставки продукции. На испытания были представлены образцы в виде катаных плит толщиной 12 мм, в то время как из АД35 в отечественной практике основная продукция производится в виде прессованных профилей [1].

Согласно актуализированной версии строительных норм и правил (СП 128.13330.2012 «СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции») термически упрочняемые алюминиевые сплавы системы Al-Mg-Si относятся к материалам средней прочности с высоким сопротивлением общей коррозии и коррозионному растрескиванию [2]. Сплавы данной системы серии бxxx отличаются лучшей технологичностью при горячей обработке давлением [3], большей производительностью изготовления продукции сложной формы, чем из сплавов других систем. Благодаря высокой пластичности из листовых заготовок в отожженном состоянии формируют тонкостенные оболочки глубокой вытяжкой [4-7]. Изделия способны к цветному анодированию, что отвечает запросам на архитектурную выразительность и длительную службу в атмосферных условиях строительных конструкций [3].

В настоящее время реестр алюминиевых деформируемых сплавов системы легирования Al-Mg-Si значительно расширен, например, в ASTM D221M-13 насчитывается 20 марок серии бxxx. Однако рекомендации СП ограничены марками АВ, АД31, АД33 и 6060, 6063 и сортаментом прессованных профилей.

Известно [1,3], что прочность и пластичность образцов АД35 в значительной степени зависят от термической обработки профиля: пределы прочности и текучести после закалки и естественного старения составляют 196 и 108 МПа; после закалки и искусственного старения показатели прочности увеличиваются до 314 и 285 МПа, при снижении

относительного удлинения δ от 12 до 8%. По [4] стандартные характеристики образцов профилей еще выше: 270-200-12 и 360-290-11 соответственно.

Марки рассматриваемой системы относятся к самым низколегированным из термически упрочняемых сплавов [7]. Усредненный химический состав сплава марки АД35 – Mg1,1 Si1,0 Mn0,7 Cr 0,25 - не содержит дорогих и дефицитных легирующих добавок [1,2,4]. Аналогично для легирования алюминия в марке 6082 используют 0,6...1,2% Mg, 0,7...1,3 % Si и 0,4...1,0% Mn (ASTM D221M-13, DIN EN 573-3: 2009). Основу фазового состава сплава составляют α -твердый раствор, химическое соединение Si и свободный кремний, выделяющийся при указанном в марке соотношении Mg/ Si. Устойчивость материала к изменениям технологических режимов обработки давлением объясняют повышенным содержанием марганца [4].

Отмечается [8-10], что в последние годы совершенствование марочного состава, видов, состояния поставок и технологий формоизменения металлопродукции позволило использовать сплавы системы Al-Mg-Si в самолетных конструкциях отечественных и зарубежных производителей.

Сплав АД35 рекомендован для конструкций различных емкостей, транспортных средств и строительства небольших пешеходных мостов [1,11,12]. Ограничения размеров конструкций обусловлено видом поставки и пониженной свариваемостью материала сваркой плавлением. Однако применение современной технологии сварки трением с перемешиванием (СТП) позволяет получать бездефектные соединения сплавов системы Al-Mg-Si с прочностью 0,8...0,9 от прочности основного металла [1]. Улучшение свариваемости сплавов указанной системы легирования способствует применению листовых полуфабрикатов для изготовления строительных конструкций

Дополнительным основанием для выбора материалов расчетных конструкций является получение и анализ ресурсных характеристик усталостной прочности сплава в соответствии с особенностями эксплуатации. Опасность усталостного разрушения проявляется в его внезапности вследствие локального разрушения в малом объеме изделия [13,14].

Работа выполнена с целью получения экспериментальных характеристик, необходимых для инженерной оценки работоспособности сплава 6082 (система Al-Mg-Si) по параметрам предельного состояния в условиях циклического нагружения катаных плит толщиной 12 мм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовали образцы, вырезанные из катаных плит ($t = 12$ мм) промышленного сплава марки 6082 с усредненным химическим составом Mg1,1 Si1,0 Mn 0,7 Cr 0,25 (ISO 209-1).

Усталостные испытания выполняли в соответствии с требованиями ГОСТ 25.502 на испытательной машине Instron 8802 при комнатной температуре.

Форма и размеры образцов показаны на рис. 1.

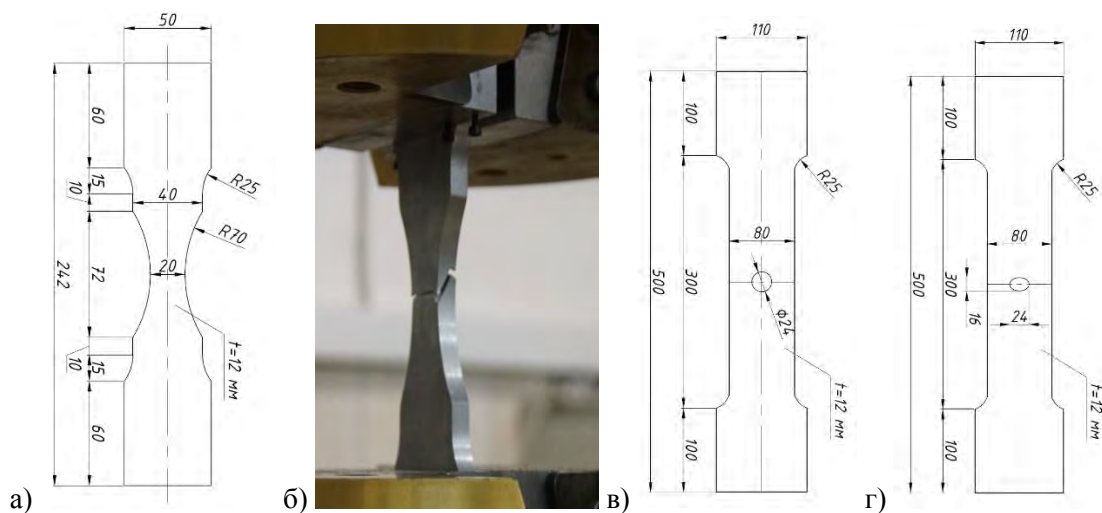


Рис. 1. Плоские образцы для испытаний на малоцикловую усталость:

- а) гладкий образец корсетного типа без трещины, б) характер разрушение образца корсетного типа,
- б) образец с центральным круглым отверстием 24 мм,
- в) образец с центральным овальным отверстием с соотношением осей равным 1,5

Перед испытанием в условиях малоциклового усталости (МЦУ) плоские образцы, вырезанные вдоль направления прокатки, центрировали с помощью тензорезисторов, установленных на противоположных гранях образцов.

Для определения предела выносливости испытывали корсетные образцы при отнулевом и симметричном циклах нагружения растяжением-сжатием с постоянной амплитудой нагрузок. Частота нагружения образцов составляла 10 Гц. Полученные при $r = 0$ и -1 значения пределов выносливости составили $\sigma_0 = 87,5$ МПа и $\sigma_{-1} = 62,5$ МПа. На тех же образцах изучали поведение материала в условиях упругопластического деформирования при симметричном цикле нагружения. Смена нагрузок по LCF (Low Cycle Fatigue) выполнялась с частотой 3 цикла в минуту. Деформации МЦУ регистрировались тензорезисторами (база 3,0 мм) с использованием тензометрического прибора фирмы National Instruments. На образцах с круглым и овальным отверстиями исследовали влияние концентраторов напряжений на сопротивление усталости.

Поверхность изломов изучали на стереомикроскопе Nikon (SMZ800N) и сканирующем электронном микроскопе (Phenom ProX) со встроенной системой энергодисперсионной спектроскопии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты испытания образцов катаных плит из сплава 6082 (рис. 1а) на циклическую прочность представлены на диаграммах циклического деформирования образцов без трещины (рис. 2 а) и обобщенной диаграммой циклического деформирования (рис 2 б)

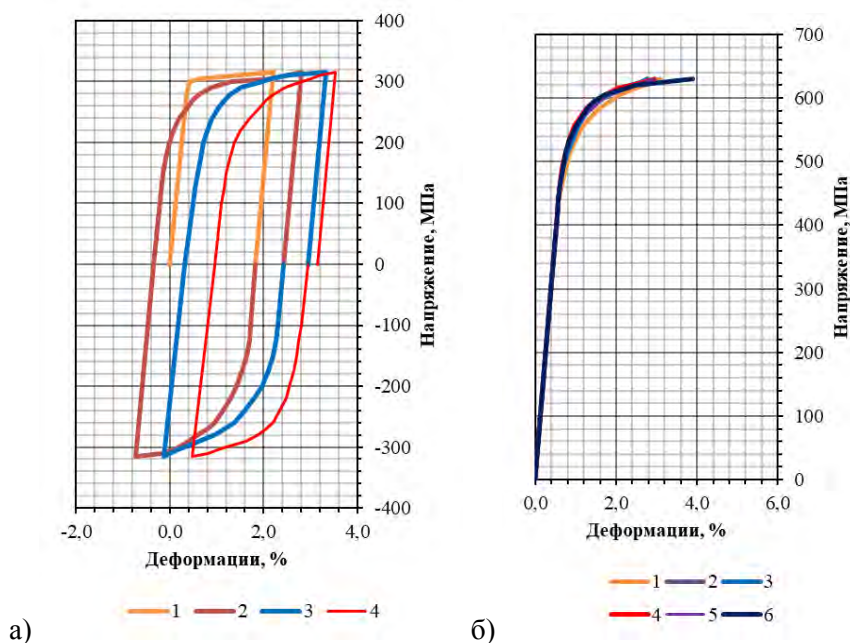


Рис. 2. Результаты испытания: а) в координатах «напряжение-деформация», б) в координатах «циклическое напряжение-деформация»

Установлено, что после однократного деформирования до $\varepsilon \leq 2,2$ % сплав показал свойства циклически стабильного материала. В процессе испытания при контролируемом уровне нагрузки серии плоских образцов ширина механической петли гистерезиса (рис. 2 а), определяющая остаточную деформацию внутри каждого цикла, стабилизировалась после 5-10 циклов. Величина модуля разгрузки при испытании серии образцов практически соответствовала нормальному модулю упругости и не зависела от степени исходной деформации и числа циклов.

Для оценки напряженного состояния в исследуемых зонах образцов и концентрации напряжений в координатах «циклическое напряжение-деформация» построена обобщенная диаграмма циклического деформирования (рис. 2 б). Согласно обобщенной диаграмме (рис. 2 б) в условиях симметричного цикла испытания ($r = -1$) кривые деформаций на каждом цикле нагружения практически совпадают. Полученное значение циклического предела пропорциональности (текучести) (460 МПа) не зависит от числа циклов и степени исходной пластической деформации [15-17]. Найдено соотношение циклического предела пропорциональности (текучести) и статического предела текучести, которое составило величину 1.57 (460/293). Согласно [17] превышение критического предела пропорциональности в условиях циклического нагружения относительно предела текучести нулевого цикла составляет для сплава марки АМг6М – 1,69 раз, марки В95Ц - 1,62 раза, марки Д20 – 1,78 раза.

Циклическое нагружение образцов с концентратором (рис. 1 в, г) с заданными уровнями нагрузок («мягкое») выполнялось до момента образования усталостной трещины длиной 1,0-1,5 мм в зоне концентрации напряжений. На рис.3 приведен пример эпюры распределения интенсивности деформаций, напряжений цикла и остаточных напряжений при различных уровнях нагрузки: $F = 45 \text{ kN} - 0,23\sigma_{0,2}$; $F = 80 \text{ kN} - 0,4\sigma_{0,2}$; $F = 98 \text{ kN} - 0,5\sigma_{0,2}$.

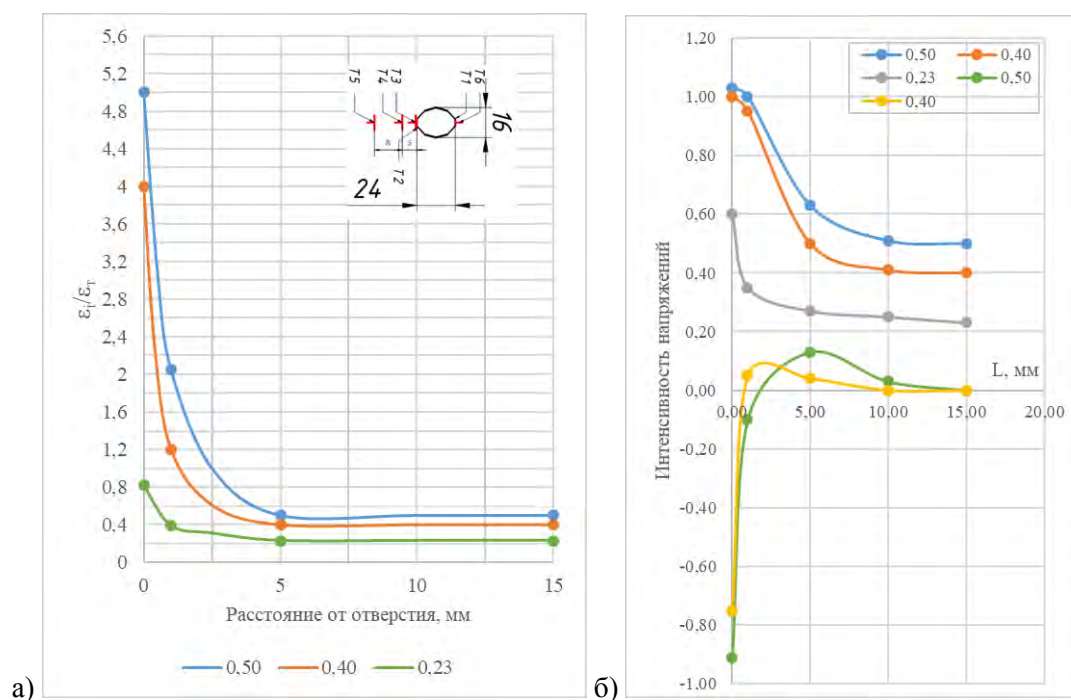


Рис. 3. Распределение интенсивности деформаций и напряжений около эллиптического отверстия а) интенсивности деформаций, б) интенсивность напряжений цикла и остаточных напряжений

В диапазоне 1...100 циклов нагружения определено напряженно-деформированное состояние материала в зонах отверстий с коэффициентами концентрации напряжений в упругой области α_σ равными 2,35 и 3,25. При $\alpha = 3,25$ интенсивность деформации на поверхности образцов с эллиптическим отверстием, больше, чем с круглым, и достигает значений 5,20; 4,10 и 0,82 при уровнях нагрузки 0,50; 0,40 и 0,23 соответственно. В случае повторного нагружения на уровне $\sigma_H/\sigma_{0,2} = 0,4 - 0,6$ деформации ε_{is} стабилизируются после 5-10 циклов нагружения для всех исследуемых образцов. Аналогичные распределения получены на образцах с круглыми отверстиями.

Эпюра распределения интенсивности стабилизированных напряжений σ_i и $\sigma_{i\text{ост}}$ в образцах с эллиптическими отверстиями показаны на рисунке 3, б. Интенсивность напряжений σ_i достигает максимума на контуре отверстия и уменьшается по мере удаления от отверстия до номинальных напряжений на всех ступенях нагрузки. С увеличением нагрузки зона пластической деформации расширяется, но прирост напряжений $\sigma_{i\text{max}}$ незначителен, что подтверждает малую степень упрочнения исследуемого сплава [13-15]. Остаточные сжимающие напряжения $\sigma_{i\text{ост}}$ доходят до максимальных значений на контуре отверстия, снижаясь по мере удаления и изменяя знак на границе пластической зоны. На расстоянии 10...15 мм от отверстия остаточные напряжения практически равны нулю. Значения напряжений возрастают с увеличением уровня исходного деформирования, область их действия расширяется.

При коэффициенте концентрации напряжений $\alpha_\sigma = 2,35$ трещины усталости около отверстия возникали под действием $3,4 \cdot 10^4 - 95,5 \cdot 10^4$ циклов нагружения, а при увеличении коэффициента до $\alpha_\sigma = 3,25$ – при $1,1 \cdot 10^4 - 17 \cdot 10^4$ циклов. Расчетные и опытные значения количества циклов до образования трещины в образцах с круглым и эллиптически отверстиями практически совпадают (рис. 4).

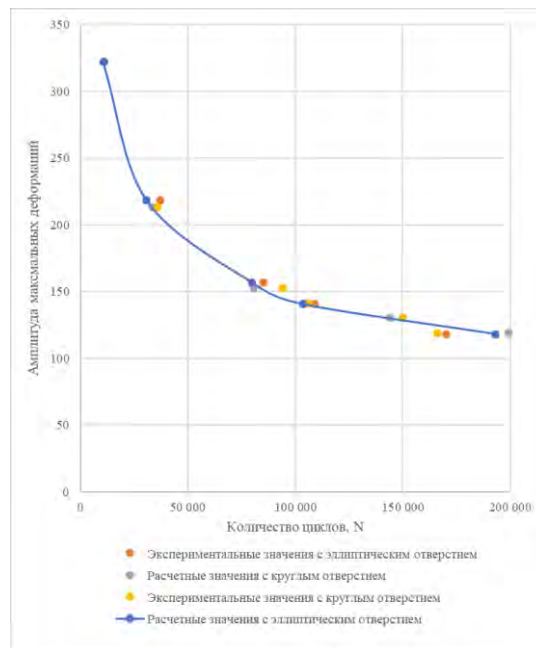


Рис. 4. Расчетные и опытные значения количества циклов до образования трещины в образцах с круглым и эллиптически отверстиями

В рассмотренных образцах зарождение усталостной трещины происходило на свободной поверхности листа вблизи ребра с дополнительной концентрацией напряжений на неметаллических включениях (рис. 5,6), наличие которых может привести к снижению трещиностойкости на начальном этапе деформации и изменить механизм разрушения в условиях циклического нагружения [13,14].

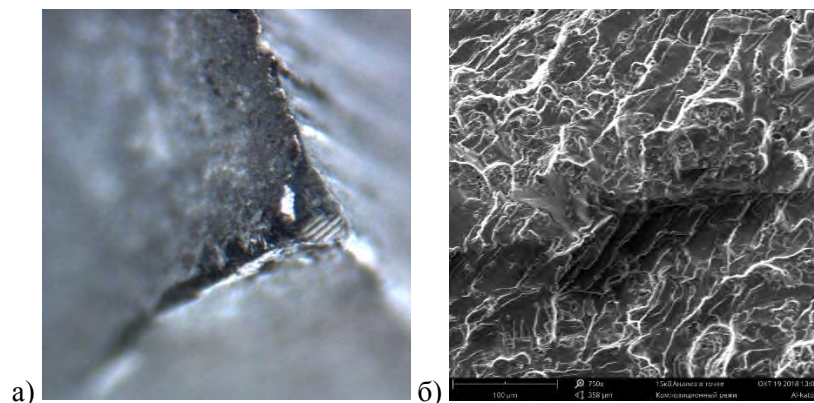
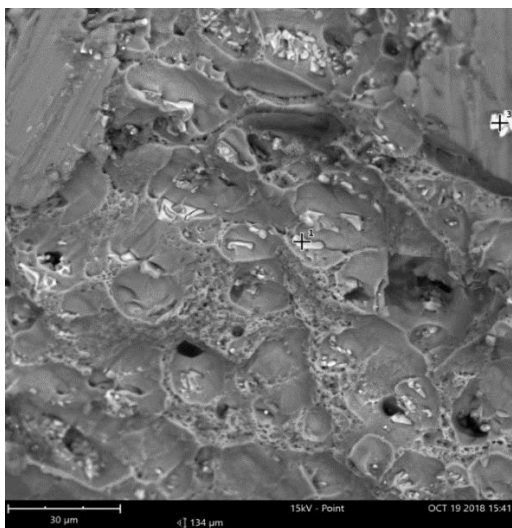


Рис. 5. Изображение поверхности разрушения на ответных половинках образцов корсетного типа x10: а) очаг усталости, стерео x20 б) бороздки усталости, фрактограмма x750



Точка 1

Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.
Al	88.43	80.95
Fe	4.45	8.43
Mn	3.85	7.17
Si	3.20	3.05

Точка 3

Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.
O	52.99	40.63
Al	34.62	44.76
C	6.55	3.77
Ca	4.51	8.66
Si	1.27	1.71

Рис. 6. Микроструктура и состав включений на поверхности разрушения

Изучение ответных половинок излома показало, что концентратором напряжений в очаге разрушения послужило белое неметаллическое включение (рис 5, а). Распространения трещины происходило перпендикулярно действию нагрузок и сопровождалось образованием на ответных поверхностях усталостных полос, по окончании которых рельеф сменяли округлые ямки зоны вязкого долома (рис 6). В составе белых компактных неметаллических включений на дне ямок поверхности разрушения определены соединения алюминия с железом, марганцем и кремнием (точка 1), а в зоне бороздок повышенное содержание оксидов алюминия и кальция (рис. 6)

Соответствие результатов расчета и эксперимента в малоцикловой области нагружения позволило использовать зависимость, предложенную в [15,16], для определения числа циклов до образования трещины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучена возможность расширения сортамента высокотехнологичных алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Si, рекомендованных СП 128.13330.2012 для производства строительных конструкций, листовыми полуфабрикатами из сплава марки 6082. Ранее в работе [18] нами представлены результаты исследования статической прочности и трещиностойкости образцов сплава 6082. Для обоснования выбора материала комплекс испытаний дополнен долговременными испытаниями серий образцов. В настоящей публикации отражены результаты исследований, устанавливающих сопротивление листового полуфабриката циклическим испытаниям в области малоциклового усталости (МЦУ). Исследовано сопротивление образцов МЦУ горячекатаных плит, *изготовленных* из сплава 6082, в состоянии поставки. При испытании образцов без трещин, нагруженных вдоль направления прокатки, определены циклическая стабильность сплава и значения циклических пределов выносливости $\sigma_0 = 87,5$ МПа и $\sigma_{-1} = 62,5$ МПа. Найдено, что значение циклического предела пропорциональности превышает стандартное значение предела текучести (пропорциональности) в 1,57 раза. В условиях МЦУ, лимитируемых зарождением трещин, изучены области зарождения повреждений и изменения в направлении развития трещины для серии образцов.

Выявлено повышение уровня интенсивности напряжений и деформаций на поверхности эллиптического отверстия по сравнению с отверстием в форме круга; различия в величине остаточных напряжений около различных по форме и размерам отверстий.

Полученные характеристики необходимы при обосновании выбора материала и вида его поставки в расчетах сборных конструкций из листовых алюминиевых полуфабрикатов, эксплуатируемых в условиях малоциклового усталости. Комплекс установленных

механических *свойств горячекатаных плит из сплава 6082* позволяет расширить область их применения для листовых конструкций.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данная работа была выполнена при поддержке Головного регионального центра коллективного пользования научным оборудованием и установками НИУ МГСУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов. Справочник. - М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2017.-440с
2. СП 128.13330.2012 «СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции»
3. Ведяков И.И., Одесский П.Д., Гукова М.И. Алюминиевые сплавы для строительных металлических конструкций (комментарий к СП 128.13330). //Промышленное и гражданское строительство . 2013.№ 10. С.5-9.
4. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов / Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А -3 изд.- М.: «МИСИС». 1999.-415с.
5. Reiso O. Extrusion of AlMgSi Alloys // Proc. of Int. Conf. on Aluminium Alloys (Brisbane, Australia, 2004) / Ed. By J.F. Nie, A.J. Morton and B.C. Muddle. Institute of Materials Engineering Australasia Ltd. 2004. P. 32-46.
6. Pogatscher S., Antrekowitsch H., Leitner H.T. et al. Mechanisms controlling the artificial aging of Al-Mg-Si Alloys//Acta. Mater.2011.V.59.P.33352-3363/
7. Брянцев П.Ю. Расчет и экспериментальное исследование фазового состава и структуры алюминиевых сплавов серии 6xxx// МиТОМ.2012.№4.С. 20-24
8. Антипов В.В. Перспективы развития алюминиевых, магниевых и титановых сплавов для изделий авиационно-космической техники/ в сб. Авиационные материалы и технологии. - М.: ВИАМ,2017. С.186..194.
9. Брюханов А.А., Гридин А., Хюбш К. и др. Особенности текстуробразования полос высокопрочного алюминиевого сплава AW-6082 при бесслитковой и классической прокатке// Деформация и разрушение материалов. 2015. №3. С. 36-41
10. Лобанов М.Л., Логинов Ю.Н., Данилов С.В. Влияние скорости горячей прокатки на структурно-текстурное состояние плиты алюминиевого сплава системы Al-Si-Mg //МиТОМ .2018. №5. С. 49-51
11. Захаров В.В., Фисенко И.А. Алюминиевые сплавы для мостостроения// Технология легких сплавов. 2018. №1. С.28-33.
12. Махутов Н.А., Москвитин Г.В. Влияние условий нагружения на накопление повреждений и разрушение/ Машиностроение. Энциклопедия. Т.П-I. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов. М.: Машиностроение, 2010.-852с.
13. Штремель М.А. Разрушение. В 2 кн. Кн.1. Разрушение материала: монография.-М.: Изд. Дом МИСиС,2014.- 670с.
14. Кишкина С.И. Сопротивление разрушению алюминиевых сплавов М.: Metallurgia, 1981.-300 с.
15. Прочность при малоцикловом нагружении. /Под редакцией С. В. Серенсена. - М.: «Наука», 1975. – 285 с.
16. Злочевский А.Б. «Экспериментальные методы в строительной механике». – М.: Стройиздат, 1983. – 192 с.
17. Шаршуков Г.К. Малоцикловая усталостная прочность свариваемых алюминиевых сплавов при плоском напряженном состоянии применительно к листовым конструкциям. Диссертация к.т.н. М.: МИСИ, 1970. - 161с.
18. Aleksandr Shuvalov, Alla Katanina, Oleg Kornev and Mikhail Kovalev Working capacity of aluminum alloys in structure elements, E3S Web Conf. Volume 97, 2019 XXII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-2019)

Секция 3. Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве

АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Т. Аветисян, А.Т. Мирзаханова, Р.Р. Казарян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

В настоящее время значительная часть жилых и производственных зданий нуждаются в капитальном ремонте. Многие фасады существующих сооружений устарели и не обновлялись десятки лет. Ограждающие конструкции, спроектированные до появления современных требований по тепловой защите, ведут к низкому уровню энергоэффективности зданий и сооружений. Но вопреки окончанию нормативного срока эксплуатации вышеперечисленных зданий и сооружений, техническое состояние конструкций имеет высокий остаточный запас несущей способности, что позволяет проводить работы по обновлению внешнего вида зданий и улучшению тепловых характеристик наружных стен путем устройства навесных вентилируемых фасадов. Технология навесного вентилируемого фасада представляет собой конструкцию, включающую в себя облицовочные материалы и металлический каркас (подсистему), прикрепленную к внешней стене здания или межэтажному перекрытию. Конструкция навесного вентилируемого фасада предполагает свободную циркуляцию воздуха за облицовочным экраном, которая обеспечивается воздушным зазором. Движение воздуха не позволяет собираться конденсату и удаляет влагу из системы. Все профили и крепления для вентилируемых фасадов имеют универсальное строение, поэтому системы могут применяться для решения различных архитектурных задач. Технология предполагает возможность использования различных облицовочных материалов, поэтому позволяет выполнить фасад в различном стиле – от классики до модерна. Главными особенностями являются улучшение теплоизоляционных показателей существующих эксплуатируемых зданий и защита от нежелательных атмосферных воздействий. В работе проведен анализ различных видов облицовочных материалов систем навесных вентилируемых фасадов. Исследование проводилось в табличном виде, с целью выявления преимуществ и недостатков внешнего слоя, а также оптимального выбора в сторону того или иного декоративного элемента. Были рассмотрены основные облицовочные материалы, пользующиеся спросом на рынке, собрана информация об основных свойствах строительных материалов, из которых изготовлены детали облицовочной части фасадной системы. Так же в ходе сравнительного анализа было определено, что главными проблемами большинства типов облицовочного слоя, является звукоизоляция и относительно большой вес. Главной и важной проблемой для самой системы навесных фасадов является отсутствие ГОСТов и СП по производству монтажа вентилируемых фасадов. Стоит уделить значительное внимание при выборе компании, которая будет производить монтаж данной конструкции.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция навесных фасадов с вентилируемым зазором положила своё начало ещё в 1950-х годах в Германии. В настоящее время данная система имеет высокий спрос благодаря универсальности и разнообразию облицовочных материалов, которые в свою очередь обеспечивают защиту фасада от неблагоприятных атмосферных воздействий, а также

придают ему архитектурную выразительность. Широкий выбор цветовой палитры и комбинаций разных по текстуре и структуре элементов фасада придает особенность и индивидуальность для каждого объекта. Наличие широкого ассортимента облицовки дает возможность сравнить варианты и выбрать оптимальное решение для определенного объекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Конструкция вентилируемых фасадов учитывает циркуляцию воздуха между облицовочным слоем и утеплителем, который крепится к стене здания тарельчатыми дюбелями или гибкими связями. Удаление влаги из этого пространства путем проветривания, увеличивается долговечность данной системы. Вопрос выдувания волокон утеплителя решается применением влаго-ветрозащитной, паропроницаемой мембраной, которая не является обязательной частью данной системы. Также, разные типы конструкций и креплений, предоставляют возможность регулировать расстояние от стены, на котором располагается фасад. Данная особенность позволяет учитывать климатические условия, чтобы выбрать наиболее рациональное решение устройство навесных фасадов. Благодаря воздушному зазору между утеплителем и декоративной панелью, уменьшается теплоотдача здания, а также повышаются звукоизоляционные характеристики. При реставрации данной системы проще производить монтаж и демонтаж, так как она собрана из отдельных деталей, основными из них являются:

- фасадные профили, используемые в качестве направляющих, бывают П-образные, Т-образные, Г-образные, Z-образные;
- кронштейны, применяются как крепежные изделия;
- анкеры, задействованы в монтаже кронштейнов к стене здания;
- кляммеры, делятся на рядовые, угловые, стартовые, завершающие;
- тарельчатые дюбели, для крепления теплоизоляционного слоя;
- непосредственно сами элементы декоративного слоя.

Но несмотря на такой ряд преимуществ, вентилируемый фасад имеет и недостатки: зачастую, по причине несоблюдения технических стандартов, могут возникнуть проблемы с уровнем пожароустойчивости всего здания. Так же отсутствуют единые ГОСТы и СП. К тому же, необязательное наличие допуска СРО по установке данных фасадов заставляет более качественно подходить к выбору организации по монтажу этой системы.


Внешний слой навесных фасадов может иметь разнообразную форму и основу. Помимо всего этого нужно заранее учесть собственный вес облицовки, устанавливаемую на готовое здание, так как она создает дополнительное давление, которое может вызвать обрушение стен. Таким образом, чтобы определиться с материалом облицовки необходимо выбрать несколько вариантов и провести сравнительный анализ достоинств и недостатков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 1. Сравнительная таблица характеристик облицовочных материалов

Внешний вид декоративного слоя	Название	Преимущества	Недостатки
	Керамогранит	<ul style="list-style-type: none"> • низкая стоимость • простота обработки • устойчивость к атмосферным воздействиям • ударопрочность • шумоизоляция 	<ul style="list-style-type: none"> • большой вес • значительная стоимость монтажных работ
	Фиброцементные плиты	<ul style="list-style-type: none"> • надежность • экономичность • легкость монтажа • негорючесть • окраска • низкая стоимость 	<ul style="list-style-type: none"> • высокая влагопоглощаемость • трудоемкость в монтаже
	Профнастил	<ul style="list-style-type: none"> • длительный срок службы материала • небольшой вес • низкая стоимость • устойчивость к температурам • быстрота и легкость монтажа • высокая прочность на изгиб 	<ul style="list-style-type: none"> • звукоизоляция • коррозия
	Композитные панели	<ul style="list-style-type: none"> • гибкость • малый вес панелей • пластичность • шумоизоляция • самоочищение 	<ul style="list-style-type: none"> • неудобство ремонта • дороговизна • звукоизоляция

	<p>Металлокасеты</p>	<ul style="list-style-type: none"> • высокая пожаробезопасность • устойчивость к перепадам температуры • широкий выбор расцветок и оттенков 	<ul style="list-style-type: none"> • звукоизоляция • относительно большой вес
	<p>Натуральный камень</p>	<ul style="list-style-type: none"> • прочность • долговечность • устойчивость к осадкам • природный материал, поэтому не выделяет вредных веществ 	<ul style="list-style-type: none"> • значительный вес • возможная радиоактивность от некоторых видов • высокая цена • сложность монтажа
	<p>HPL панели (ламинат высокого давления)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • малый вес и большой размер отдельного элемента • устойчивость к внешним воздействиям и агрессивным средам • ничтожная абсорбция • теплоизоляция 	<ul style="list-style-type: none"> • горючесть • большая площадь листов создает высокую ветровую нагрузку • высокая стоимость
	<p>Стеклопанели</p>	<ul style="list-style-type: none"> • эстетичность • защита от ультрафиолетового излучения • защита от осадков • переносимость высоких температур • самоочищение 	<ul style="list-style-type: none"> • дороговизна • сложность в монтаже
	<p>Клинкерная плитка</p>	<ul style="list-style-type: none"> • возможность имитации кладки кирпича • энергоэффективность • не реагирует на деформации здания • не трескается • не теряет форму 	<ul style="list-style-type: none"> • сложность монтажа • хрупкий материал • дороговизна

	<p>Деревянный материал</p>	<ul style="list-style-type: none"> • дополнительное утепление • устранение видимых дефектов стен • дополнительно повышается прочность здания • звукоизоляция 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность биологической коррозии • Вероятность поражения насекомыми • Биологическое поражение грибами
---	----------------------------	--	---

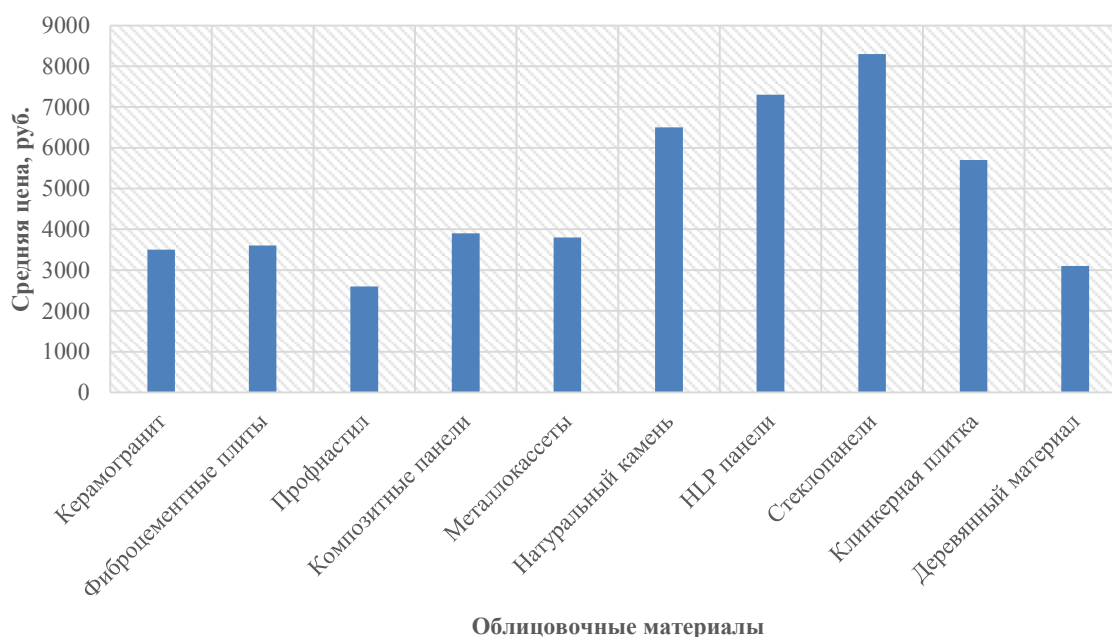


Рис.1. Сравнительная таблица стоимости рассматриваемых облицовочных материалов

ВЫВОДЫ

Опираясь на сравнительный анализ облицовочных материалов, можно сделать заключение, что основными проблемами являются плохая звукоизоляция, дороговизна, трудоемкость при монтаже и относительно большой вес. Грамотный подход к выбору внешнего слоя позволяет рационально распределить бюджет, совпасть по всем необходимым критериям свойств декоративных элементов и подчеркнуть архитектурную выразительность здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светлорусова А.М., Герасимов А.И.. Анализ существующих облицовочных материалов для НВФ// ПОКОЛЕНИЕ БУДУЩЕГО: ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ - 2019, сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции, Юго-Западный государственный университет, 2019, с. 262-264.
2. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий//Инженерно-строительный журнал, 2008, № 2, с. 50-53.
3. Волкова Надежда Юрьевна Формирование цвето-композиционных решений фасадов жилых домов и комплексов// Центр. науч.-исслед. и проект. ин-т жилых и обществ. зданий, Москва 2009, 211 с.
4. Иванова Анастасия Сергеевна. Дизайн и технологии использования облицовочных материалов//Изд-во Иркутского нац. исследовательского технического ун-та, 2016, 154 с.
5. Пискун Александр Евгеньевич. Рациональные технологические решения устройства навесных вентилируемых фасадов в жилых домах//С.-Петербург. гос. архитектур. -строит. ун-т, Санкт-Петербург, 2009, 20 с.

6. Ершов М.Н., Лapidус А.А., Теличенко В.И. Технологические процессы в строительстве. Книга 8. Технологические процессы тепло- и звукоизоляции строительных конструкций. Современные фасадные системы//Учебник. - М.: Изд-во АСВ, 2016, 152 с.
7. Жадановский Б.В., Кужин М.Ф. Организационно-технологические схемы устройства навесных фасадных систем с воздушным зазором//Сборник трудов международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – М: МГСУ, 2012, с.155-157.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

М.Е. Дементьева¹, В.А. Власов²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, 7dem@mail.ru

²ООО «ГорИнжСтрой», 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д.21 к.1, vvabox@mail.ru

Аннотация

Строительную сферу, как и другие сферы деятельности в России, так и по всему миру, не обошла проблема отсутствия четкой автоматизации всех процессов жизненного цикла строительного объекта, начиная с подготовки проекта и заканчивая его эксплуатацией. Рассматриваемая в статье проблема заключается в большом объеме бумажного документооборота и отсутствии четко прописанных правил работы с электронным документооборотом в рамках законодательства. Так, например, при строительном контроле, в процессе эксплуатации, при ремонте и реконструкции объектов так и продолжают заниматься бумажной волокитой, поглощая себя бесполезной рутинной работой. Отдельно создаются отделы архивов по приемке исполнительной документации, бумажные копии складываются на специальных складах, подрядчики приходят к заказчикам с десятками, а то и сотнями папок, для показа и дальнейшей защиты исполнительной документации. В итоге поиск необходимой информации при выполнении работ может затягиваться на несколько дней и даже недель. Предметом исследования данной статьи является изучение методов оптимизации системы управления и контроля качества работ при реновации застроенных территорий. Целью исследования является разработка регламента по совершенствованию взаимодействия всех участников ремонтного производства на основе системы электронного регистрационного контроля. Исследование основано на методах классификации, системного анализа и обобщения. Результатом исследования является структурная схема взаимодействия, направленная на минимизацию времени поиска и составления документов, оптимизацию технологических процессов, в частности на удобство получения исходной информации на выходе, как при сдаче проекта ремонта или реконструкции, так и на любых этапах строительства и подготовки материалов от этапа формирования сметы и проекта, до получения любой информации, связанной с ведением и сопровождением проекта.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из значимых проблем строительной отрасли на сегодняшний день является недостаточный уровень автоматизации процессов управления ремонтным и строительным производством на всех уровнях взаимодействия участников [1-4]. Процесс эволюции цифровизации строительной сферы представлен на рис. 1.



Рис. 1. История формирования автоматизации строительных процессов

Существующие программные комплексы позволяют автоматизировать отдельные процессы, например, этапы расчета, проектирования, технико-экономического обоснования. Постепенно внедряются BIM-технологии на этапах проектирования и возведения здания [5-8]. Однако комплексная автоматизация, которая охватывала бы все этапы жизненного цикла строительного объекта, отсутствует [9, 10], что обосновывает актуальность данного исследования.

Заинтересованность в быстром получении качественного строительного объекта и его последующей не менее качественной эксплуатации, начиная от субподрядчика и заканчивая заказчиком, обосновывает необходимость организации дистанционного взаимодействия участников строительного и эксплуатационного процессов для учета выполненных работ, подготовки и согласования инспекций строительного контроля, формирования и контроля устранения замечаний и предписаний, подготовки и согласования исполнительной документации, централизованного хранения и обмена всей документацией. Поэтому целью исследования являлось изучение современных программных комплексов, применяемых для автоматизации управления строительными и ремонтными процессами, для перспективной разработки регламента по совершенствованию взаимодействия всех участников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований данной работы являлся один из профессиональных программных комплексов [11], предназначенный для применения на этапе изыскательских и проектных работ. Предметом исследования данной работы являлось изучение возможностей применения программного комплекса для оптимизации системы управления и контроля качества работ при реновации застроенных территорий. Исследование основано на методах классификации, системного анализа и обобщения информации, полученной от разработчиков и пользователей программного комплекса. Исследование включало изучение основных возможностей программы, анализ преимуществ для каждого участника процесса, оценку возможности централизованного ведения и хранения документации, влияние на процесс согласования различных этапов, на качество строительного контроля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование показало, что рассматриваемая программа содержит в себе все действующие федеральные справочники на проектные работы, инженерные изыскания, капитальный ремонт, ряд ведомственных и отраслевых справочников, базы Москвы. Важным преимуществом работы в рассматриваемом программном комплексе является подборка более 2000 разъяснений от Центринвестпроекта, Главгосэкспертизы и других ведомств. Функция интеллектуального поиска позволяет моментально найти все разъяснения по интересующей тематике, в том числе к конкретному справочнику, поставив необходимые фильтры. Полная актуальная база справочников, структурированный поиск, позволяют

быстро просмотреть все разъяснения по нужному вопросу, избежать ошибок и на порядок ускоряют работу по составлению проектно-сметной документации.

Работа в программном комплексе позволила выделить его следующие основные возможности:

- гибкий поиск справочной информации;
- автоматический подбор формул для расчетного обоснования на основе различных нормативно-технических документов, в т.ч. по объекту-аналогу;
- более 50 способов расчета в зависимости от заданных параметров;
- учет дополнительных факторов, включая условия проектирования;
- возможность автоматической проверки, сравнения и экспертизы результатов.

Программа позволяет централизованно хранить всю документацию, включая чертежи, фото нарушений, документы на согласование (рис. 2). При этом все документы можно подписывать электронной подписью. Также можно обращаться в надзирающие органы, на основании предписаний формировать претензии на нарушение (рис. 3). Программа позволяет еженедельно выгружать отчеты по выполненным работам, оценивать объем работ (рис. 4).

№ п/п	Наименование работы план	ЕИ	Кол-во	Сдана / дата / ответств.	Принят / дата	Документы ИД	КС-2 / предписания	План / факт выполнения
1	Бетонирование свай	м3	П 250	100.00% ООО "Стройинвест"	000 "Стройинвест"	Акт №15654045	КС-2 / предписания 250 КС-2 №78 от 18.03.2020	13.01.2020
			Ф 250					14.01.2020
			ИИ 187.5	Сидоров А.П.	Михаев И.М. подписан			15.01.2020
			КС 250		13.04.2020			17.01.2020
2	Устройство стен подвалов и подпорных стен железобетонных высотой до 3 м, толщиной до 300 мм	м3	П 30.976	5.05% ООО "Стройинвест"	000 "Стройинвест"		КС-2 / предписания	13.01.2020
			Ф 1.565					14.01.2020
			ИИ 0	Петров А.Ю.	Михаев И.М. подписан			15.01.2020
			КС 0		13.04.2020			17.01.2020
3	Изоляция изделий из древесины и вертикальных материалов с креплением на клею и доборная холодных поверхностей наружных стен	м2	П 30.976	5.05% ООО "Стройинвест"	000 "Стройинвест"		КС-2 / предписания	13.01.2020
			Ф 1.565					14.01.2020
			ИИ 0	Петров А.Ю.	Михаев И.М. подписан			15.01.2020
			КС 0		13.04.2020			17.01.2020

Рис. 2. Пример сбора и хранения исполнительной документации

Предписание

Статус:

Номер предписания:

Дата предписания:

Автор предписания: ООО "Стройинвест", Начальник отдела технадзора, Михаил...

Срок устранения:

Отв. за устранение: ООО "Стройинвест", Начальник участка, Сидоров А.П.

Факт. дата устранения:

Объект: Нефтеперерабатывающий завод 2

Адрес объекта: г. Нижний Новгород

Место составления: г. Нижний Новгород

Организация надзора: ООО "Стройинвест"

Организация, в чей адрес выставлено предписание: ООО "Стройинвест"

Номер приказа о проверке:

Дата приказа о проверке:

Титул: Объект 45687414, ЖК Алепт / Подобъект Дом №1, / Раздел Бетонные работы

Краткое описание: Фундамент выполнен с отклонением от проекта

Вид работ: Бетонные работы

Замечания

Содержание	Нарушения	Меры по устранению	Отв. за устранение	Срок устранения	Факт. дата устранения	Исполнение

Рис. 3. Пример сбора и хранения предписаний

Адепт: Исполнительная документация

Отчет по освоению по строюке «Нефтеперерабатывающий завод 2» за период с _____ по _____

Наименование	Номер титула	ЕП	Кол-во	СМР план с начала	СМР факт с начала	Принято по RFI, объем	Принято по RFI, %	Подписан о ИД, объем	Подписано ИД, %	Оплачено ИД, объем	Оплачено ИД, %
По подбъектам				5,56%	25,54%				4,17%		5,56%
Объект 45687414 ЖК Адепт				5,56%	25,54%				4,17%		5,56%
Подобъект Дом №1				16,67%	76,63%				12,50%		16,67%
Раздел Земляные работы					4,88%						
Устройство стен подвалов и подпорных стен железобетонных высотой до 3 м, толщиной до 300 мм		м3	30,976		1,565						
Изоляция изделиями из волокнистых и зернистых материалов с креплением на клею и дюбелями холодных поверхностей наружных стен		м2	30,976		1,565						
Устройство перекрытий безбалочных толщиной до 200 мм на высоте от опорной площади до 6 м		м3	64,082		2,9022						
Раздел Бетонные работы				50,00%	225,00%				37,50%		50,00%
Бетонирование		м3	10		35						
Бетонирование свай		м3	250	250	250			187,5	75	250	100
Раздел Свайные работы											
Подобъект Дом №3											
Раздел Земляные работы											
Раздел Бетонные работы											
Раздел Отделочные работы											

Рис. 4. Пример сбора и хранения данных о выполненных работах

Изучение программного комплекса позволило систематизировать его преимущества для всех участников строительного и ремонтного производства (рис. 5).



Рис. 5. Достоинства применения программного комплекса при управлении строительным производством

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали, что программный комплекс безусловно способствует повышению качества управления строительным контролем и выполняет ряд функций, которые снижают влияние человеческого фактора. Четкая автоматизация всех процессов рабочего цикла строительства или ремонта объекта, начиная с подготовки сметы, работы с техническими регламентами, позволяет внедрять систему виртуального взаимодействия с другими подразделениями. Такой подход оптимизирует технологические процессы, начиная от удобства получения любой исходной информации, до подготовки различных расчетных смет и нормативных документов.

Исследование показало, что поиск необходимой информации при выполнении работ значительно сократился от несколько дней и составляет минуты. Основным преимуществом программного обеспечения является полная нормативная база, обновление которой происходит ежемесячно. На основе данного программного комплекса планируется в перспективе разработка структурной схемы и регламента взаимодействия участников строительного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Н.В., Бачуринская И.А. Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 7. С. 39—46.
2. Дементьева М.Е. Компьютерные технологии - в основу реформирования ЖКХ // Жилищное строительство. 2004. № 7. С. 9.
3. Табунщиков Ю.А. Цифровизация экономики - тенденция глобального масштаба // Энергосбережение. 2018. № 7. С. 1—13.
4. Назарова У.А. Человеческий ресурс строительства и жилищно-коммунального хозяйства: проблемы и перспективы в условиях цифровой экономики // В сборнике: Костинские чтения. Сборник материалов первой международной научно-практической конференции. 2018. С. 528—536.
5. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 3. С. 107—117.
6. Дементьева М.Е., Педаш Е.В. Перспективы интеллектуализации зданий при реконструкции жилой застройки // Научное обозрение. 2017. № 20. С. 167—170.
7. Кузовлева И.А. Цифровая экономика в строительстве // В сборнике: Вызовы цифровой экономики: условия, ключевые институты, инфраструктура. сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 160—164.
8. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Синягов С.А. Цифровая экономика -различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, SMART CITY, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 4. № 1. С. 12.
9. Дементьева М.Е., Дементьева А.В., Губский А.Ю., Губская Р.Р. Специфика внедрения BIM-технологий на этапе эксплуатации зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 62—64.
10. Дементьева М.Е., Дементьева А.В. Возможности применения BIM-технологий при разработке эксплуатационных программ // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 8 (1008). С. 43—45.
11. Цифровизация бизнес-процессов в строительстве. Режим доступа: <https://gk-adept.ru/> Дата обращения: 01.10.20.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В.С. Евстратов, Л.А. Шилова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, evstratovvs@mgsu.ru

Аннотация

В статье обоснована актуальность возобновления строительства незавершённых объектов с обязательным проведением их технической экспертизы, включая перечень рекомендованных работ, характерных для объектов незавершенного монолитного строительства. Предложена схема процесса принятия решения о возобновлении строительства от технической экспертизы до разработки организационно-технологических решений.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с национальным проектом "Жилье и городская среда", который предусматривает увеличение объема жилищного строительства к 2024 году не менее чем до 120 млн кв. м в год [1], а также национального проекта «Цифровая экономика»[2] и программой «Комплексное развитие моногородов», существует запрос на наращивание темпов жилищного строительства, повышение его качества и модернизацию строительной отрасли в целом.

Согласно данным Росстата, объем ввода жилья в России в 2019 году составляет 82 млн. м², что при ежегодном прогнозируемом росте в 7,5% не позволит выйти на целевые показатели, а реализация проектов по строительству и реконструкции объектов инфраструктуры требует дополнительных резервов.



Рис. 1. Диаграмма объема ввода жилья в России по данным Росстата в млн. м² в год и целевой показатель на 2024 год.

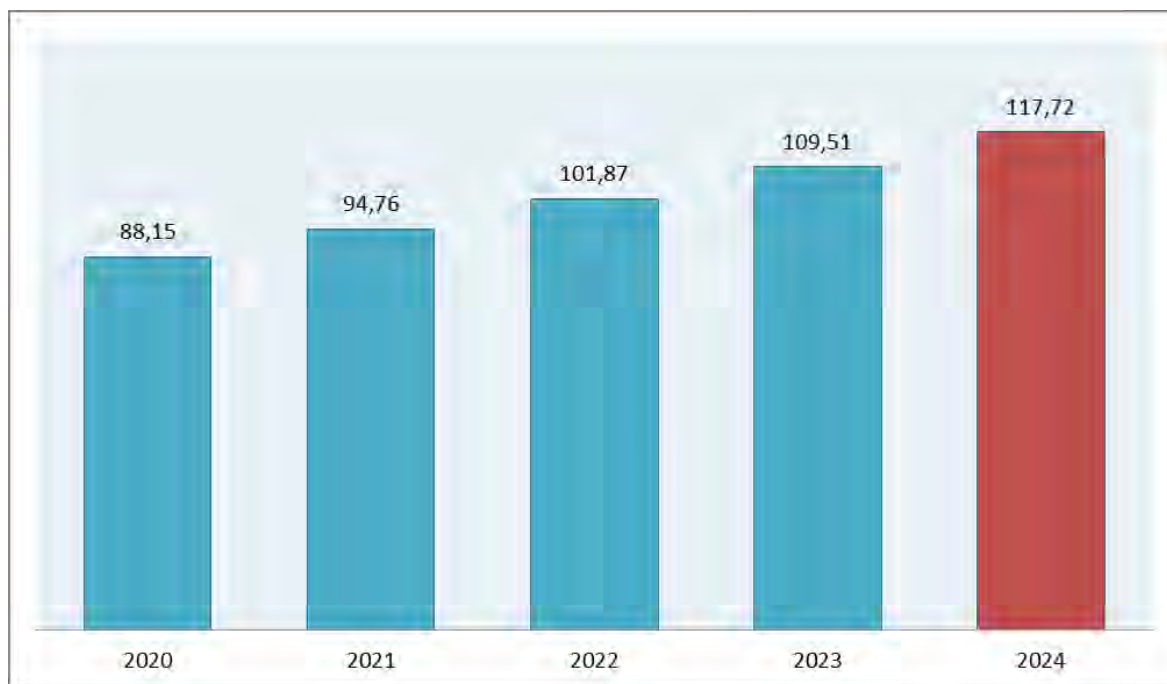


Рис. 2. Диаграмма прогнозируемого объема ввода жилья в млн. м² с учетом ежегодного роста в 7,5% от предыдущего года.

Резервом для роста может послужить возобновление строительства незавершенных объектов. По данным Счетной палаты РФ в России более 60 тысяч объектов незавершенного строительства. Среди них – жилые дома, детские сады, школы, объекты транспортной и коммунальной инфраструктуры.

Многие из этих объектов возводились с использованием технологий монолитного строительства. В кризисные периоды их строительство было приостановлено на неопределенный срок, в том числе без какой-либо консервации.

В связи с перечисленным актуальным направлением научных исследований является разработка эффективных методик и рекомендаций организационно-технологических решений (ОТР) для объектов незавершенного монолитного строительства с учетом оценки их технического состояния и использованием технологий информационного моделирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для того чтобы принять решение о возобновлении строительства, в первую очередь необходимо провести техническую экспертизу объекта. Техническая экспертиза в России регламентируется «ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Техническая экспертиза заключается в обследовании объектов незавершенного монолитного строительства, которое включает в себя целый комплекс мероприятий по оценке их технического состояния. На основе полученных данных принимается решение о возобновлении строительства.

К основным причинам, исходя из которых, необходимо произвести обследование можно отнести: аварийное состояние объекта, продолжительный период простоя при полном или частичном отсутствии консервации объекта, реконструкцию объекта, перепрофилирование объекта и др.

К основным проблемам, возникающим при возобновлении работ на объектах незавершенного монолитного строительства можно отнести: изменение свойств грунтов основания, изменение прочностных свойств бетона, отсутствие проектной документации

(цифровой модели), перепрофилирование объекта, стесненность строительной площадки [3-8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведя анализ основных проблем, можно сделать вывод, что результаты технической экспертизы вносят существенный вклад в принятие ОТР для объектов незавершенного монолитного строительства.

В результате проведенного аналитического исследования для объектов незавершенного монолитного строительства в общем виде сформирован ряд типовых дефектов и повреждений с рекомендациями по их устранению (табл. 1), разработана схема процесса принятия решения о возобновлении строительства (рис. 3).

Таблица 1. Рекомендуемые работы по устранению дефектов и повреждений конструкций на объектах незавершенного монолитного строительства

№	Возможные дефекты и повреждения	Рекомендуемые работы
Основание и фундамент		
1.	Изменение свойств грунтового слоя	– углубление котлована до проектной отметки; – углубление котлована ниже проектной отметки с устройством песчаной или щебёночной подушки до проектной отметки дна котлована; – закрепление грунтов основания.
2.	Неравномерная осадка фундамента	– устройство стального распределительного пояса; – выполнение наружной планировки.
3.	Снижение прочностных характеристик фундамента	– разборка части фундамента с последующим восстановлением; – инъекция цементного раствора; – дополнительное армирование; – устройство железобетонной обоймы.
Стены		
4.	Образование трещин	– устройство армированных поясов на уровне первого (после возобновления строительства) и последнего перекрытия; – инъекция цементного раствора.
5.	Выветривание раствора в деформационных швах	– инъекция цементного раствора.
6.	Коррозия закладных и соединительных деталей	– усиление деталей путём приварки к ним отрезков стали.
Перекрытия, колонны, ригели		
7.	Образование трещин	– усиление узлов сопряжения конструкций с помощью дополнительных стальных опор; – усиление консолей колонн с помощью стальных обойм.
8.	Коррозия закладных и соединительных деталей	– усиление деталей путём приварки к ним отрезков стали.
Внутренняя отделка		
9.	Повреждение и утеря отделочного покрытия	– демонтаж повреждённой отделки; – восстановление отделки.
Оконные и дверные проёмы		
10.	Повреждение и утеря заполнения проёмов	– демонтаж повреждённых оконных рам, дверных коробов; – монтаж окон, дверей.
Фасад		
11.	Повреждение и утеря элементов фасада	– демонтаж повреждённых элементов фасада; – установка новых элементов фасада.
Кровля		
12.	Повреждение и утеря кровельных элементов	– демонтаж повреждённых кровельных элементов; – установка новых кровельных элементов.

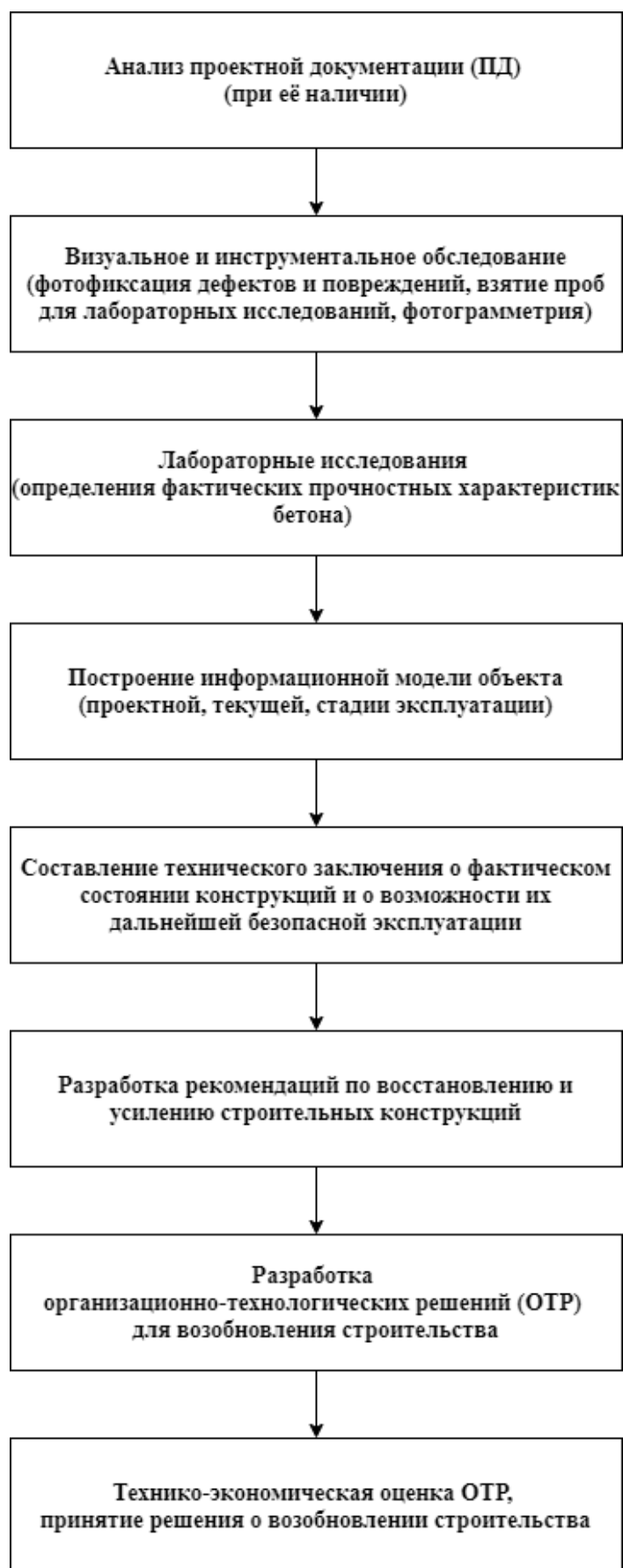


Рис. 1. Схема процесса принятия решения о возобновлении строительства от технической экспертизы до разработки ОТР

ВЫВОДЫ

Качественно проведенная техническая экспертиза объекта незавершенного монолитного строительства оказывает существенное влияние на результат принятия решения о возобновлении строительства, а также принятия проектных, организационно-технических решений, в последующем обеспечивающих эксплуатационную надежность объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://futuresussia.gov.ru/zhile-i-gorodskaya-sreda> Дата обращения: 28.09.2020.
2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://futuresussia.gov.ru/cifrovaya-ekonomika> Дата обращения: 28.09.2020.
3. Гроздов В.Т. Вопросы строительства зданий после длительного перерыва в производстве строительномонтажных работ / В. Т. Гроздов - СПб.: Издательский Дом KN, 2000. - 50 с.
4. Никишина О. В. Обследование технического состояния строительных конструкций при возобновлении работ на объектах незавершенного строительства после длительного перерыва // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. №2 (5).
5. Никишина О.Б., Никишина О.В. Техническая экспертиза объектов незавершенного строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. №1 (12).
6. Змеев М. В., Шипулин Н. А. Влияние экологических факторов на физический износ объектов незавершенного строительства // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2017. №3.
7. Татаров К. Ю. Практические подходы к оценке объекта незавершенного строительства // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2017. №2 (21).
8. Зозулева А. Ю. Обзор типовых дефектов строительных конструкций объекта незавершенного строительства // Сборник научных статей 2-й Международной научной Конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. Издательство: Закрытое акционерное общество "Университетская книга" (Курск). С. 266-269.

ЦИФРОВЫЕ ФОРМАТЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА РАЗНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ УРОВНЯХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.А. Зяблов¹, А.А. Морозенко², В.И. Теличенко³, И.А. Херувимов⁴

¹АО ИК "АСЭ", *a.a.zyablov@gmail.com*

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, *morozenkoAA@mgsu.ru*

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, *president@mgsu.ru*

⁴АО ИК "АСЭ", *ilya.kheruvimov@gmail.com*

Аннотация

В данной статье рассматривается тема создания эффективных цифровых инструментов анализа и поддержки принятия управленческих решений при реализации сложных проектов капитального строительства. Рассматриваются проблемы, связанные со спецификой процессов управления сроками в крупных инжиниринговых компаниях и проектах с большим количеством стейкхолдеров. Обобщается опыт разработки графиков различного назначения по уровням и функциональным областям, как укрупненных для анализа топ-менеджментом, так и детальных, предназначенных для планирования работ на операционном уровне.

В статье проводится анализ недостатков традиционного подхода к управлению сроками, изучаются возможные векторы развития информационных систем для автоматизации данных процессов.

В материале предложена пятиуровневая модель управления сроками реализации проекта капитального строительства, как наиболее сложной в организационном и юридическом плане структуры. Сформулированы ключевые потребности и специфические особенности задач, решаемых ответственными участниками проекта на каждом из уровней управления. Особый акцент сделан на соблюдении целостности системы через обеспечение взаимосвязи всех уровней, что позволяет сохранять непрерывность всему процессу управления сроками, гарантировать высокий уровень достоверности и прозрачности информации и синхронизировать деятельность различных бизнес-функций в рамках реализации проекта.

Для каждого уровня управления в статье предлагаются оптимальные детализация данных и набор специфических параметров, минимально необходимых и достаточных для обеспечения качественного анализа информации при выработке обоснованных управленческих решений. Представлены формы визуальных цифровых интерфейсов для каждого уровня управления и набора аналитических параметров. Предложена интуитивно понятная система индикации отклонений от плана проекта, позволяющая визуально выявлять проблемные зоны при анализе больших объемов информации на различных уровнях управления и по разным функциональным областям.

В результате проведенного исследования разработана и сформулирована концепция применения различных цифровых форматов анализа данных для пяти уровней управления сложными проектами капитального строительства, охватывающая весь процесс управления сроками, сохраняющая его непрерывность, гарантирующая релевантность данных и позволяющая оперировать требуемой степенью их детализации для различных уровней управления проектом при выработке адекватных и своевременных управленческих решений.

ВВЕДЕНИЕ

Реализация сложных проектов капитального строительства подразумевает в себе управление сразу несколькими областями проекта [1], а именно предметной областью, стоимостью, сроками, качеством, рисками, персоналом, коммуникациями, изменениями, безопасностью, поставками и контрактами, и, безусловно, зачастую эти области зависят друг от друга, однако в данной статье рассматривается именно область управления по временным параметрам [2-4]. Сооружения сложных инженерных объектов может подразумевать десятки или сотни тысяч отдельных строительных или монтажных операций, работ по закупке и поставке оборудования и материалов, десятки тысяч работ по проектированию документации. Сформировать полный и корректный график работ на весь жизненный цикл проекта с такой детализацией и технологическими зависимостями между работами с традиционными подходами к календарно-сетевому планированию практически невозможно [5]. Кроме того, даже такой теоретически сформированный график будет фактически неуправляем и не пригоден для качественного анализа даже квалифицированными специалистами, что означает невозможность принятия адекватных управленческих решений руководителем проекта. В качестве способов решений данной проблемы при сооружении сложных объектов капитального строительства применяют подход создания нескольких графиков как по видам деятельности, так и по уровню детализации. Однако это, в свою очередь, влечет проблемы иного рода:

- формирование обособленных невзаимосвязанных детальных графиков по видам деятельности (строительно-монтажные работы, проектирование, закупки и поставки, пуско-наладочные работы и т.д.) приводит к их «рассинхронизации» в ходе реализации проекта. Отклонение от плановых сроков закупки оборудования от приводит к смещению сроков соответствующей строительно-монтажной работы, как если бы они были связаны технологической зависимостью в рамках одного графика, что не позволяет вовремя оценить риск смещения сроков всего проекта; указанное отклонение может обнаружиться только в моменте планового начала строительно-монтажной работы, когда принять меры компенсирующего воздействия будет уже поздно.

- формирование нескольких вариантов графика проекта с различным количеством и детализацией работ для управления и контроля на различных уровнях организационной структуры предприятия может также привести к потере достоверности данных: информация о текущем прогрессе и отклонениях сроков проекта в укрупненных версиях графиков может не совпадать с реальным положением дел из-за отсутствия прямой связи и агрегации этих данных в графике с высокой детализацией работ. В частности, подобный подход применяется в различных отраслевых стандартах календарно- сетевого планирования применительно к графикам строительно-монтажных работ и подразумевает связь между работами графиков различных детализаций, однако в полной мере на практике такая модель труднореализуема ввиду специфических особенностей и ограничений наиболее распространенных специализированных информационных систем. Например, в Oracle Primavera можно назначить ресурсы (физобъемы) на строительную монтажную работу, тем самым добившись требуемой детализации графика, однако строительные или монтажные операции с применением данных ресурсов (физобъемов) будут распределены по срокам равномерно, что может не отражать реальной технологической последовательности выполнения работ. Зачастую разработку графиков различных детализаций ведут в виде отдельных проектов, требующих огромных трудозатрат на формирование межпроектных зависимостей (в рамках одной информационной системы календарно- сетевого планирования), либо даже в различном программном обеспечении (например, в случае, где для укрупненной версии графика не требуется сложная сетевая модель).

С учетом необходимости предоставления информации о текущем планировании, ходе реализации и отклонении сроков проекта в различных форматах и детализациях для разных уровней руководителей и исполнителей, задача достоверности и взаимосвязи данных, т.е.

целостности и непрерывности системы управления сроками, представляется одной из наиболее важной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе данной работы были исследованы требования к организации процесса планирования и анализа как на различных организационных уровнях как российских, так и зарубежных компаний, реализующих крупные проекты капитального строительства (регулирующий орган, инвестор, заказчик, генеральный подрядчик, подрядчик, субподрядчик и т.д.), так и с точки зрения ролей в методологии проектного управления (руководитель портфеля/программы проектов, руководитель проекта, куратор проекта, участники проектного офиса, исполнители и т.д.); обобщен опыт реализации проектов сооружения сложных инженерных объектов в одной из ведущих инжиниринговых компаний России; изучены мировые практики в области планирования работ в рамках ЕРС-контрактов.

На основании полученных данных были разработаны различные цифровые форматы представления данных с описание функциональных возможностей, а также прототип системы планирования, позволяющей реализовать предлагаемый в рамках статьи подход к анализу и управлению проектом по временным параметрам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для эффективного управления реализацией сложных проектов капитального строительства предлагается применить пятиуровневую модель планирования и контроля сроков (далее – Система).

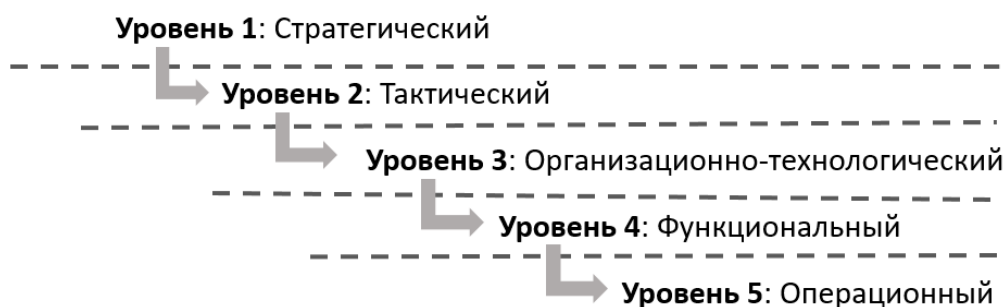


Рис. 1. 5-уровневая система управления сроками проекта

Для каждого уровня определена типовая ролевая модель пользователя, разработано оптимальное визуальное представление, определена требуемая детализация данных, необходимый набор параметров и индикаторов, а также механизм связи между различными уровнями, что позволяет обеспечить непрерывность процесса планирования, релевантность данных на каждом из уровней, сквозную актуализацию и основу для принятия адекватных управленческих решений.

1. Первый уровень управления – стратегический. Это уровень руководителя портфеля/программы проектов. Представляет из себя разветвленную древовидную структуру проектов и предприятий, которые сгруппированы по программам, портфелям, предприятиям и их филиалам. Для каждого узла структуры ведется свой паспорт: в случае, если узел структуры имеет тип «проект», то в паспорте указывается различная справочная информация, ссылки на контрактные документы, регламентирующую документацию и официальную отчетность; в случае, если узел структуры имеет тип «предприятие/филиал», то в паспорте указывается общая информация о данной организации или структурном подразделении, ссылки на официальный сайт и дополнительная контактная информация. Напротив каждого проекта в структуре в случае наличия прогнозных отклонений сроков ключевых (контрольных) событий проекта от целевых показателей индицируется знак «!»,

сообщающий о наличии проблем в ходе реализации проекта и риске его срыва по временным параметрам.

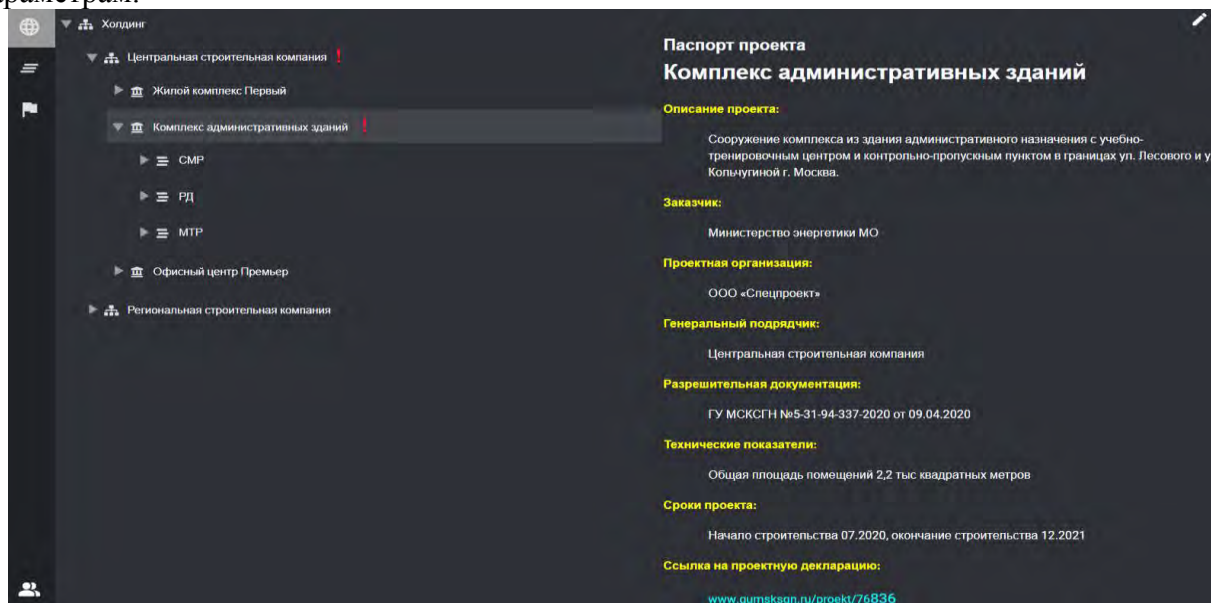


Рис. 2. Цифровой формат стратегического уровня управления: структура проектов

Для каждого из проектов в структуре также отображаются перечень загруженных в него детальных графиков. При этом доступ к данной структуре должен осуществляться дифференцировано в соответствии с настроенными правами: сотрудники предприятия или филиала должны иметь доступ только к тем узлам проектов, которые непосредственно они реализуют, то есть видят только свою область ответственности. При этом владелец портфеля или программы проектов видит всю структуру целиком.

Подобный цифровой формат представления данных позволяет руководителям заказчика, инвестора, регулятора, или, например, топ-менеджменту управляющей компании холдинга, осуществлять контроль всех реализуемых проектов в режиме «одного окна», контролировать наличие или отсутствие рисков срыва их сроков и, в случае необходимости, получить необходимую информацию о проекте из его паспорта. При необходимости более глубокого анализа и перехода на следующий уровень управления доступ в проект (переход на следующий уровень – экран ключевых (контрольных) событий проекта) осуществляется прямо из структуры.

2. Второй уровень управления – тактический. Это уровень руководителя проекта. Цифровой формат данных представляет из себя так называемую «стрелу» с набором ключевых (контрольных) событий, т.е. основных вех одного проекта капитального строительства, расположенную на временной шкале. Списков ключевых (контрольных) событий может быть несколько: они могут различаться как по видам (технические, платежные, лицензионные), так и по назначению (перечень ключевых (контрольных) событий из контракта с Заказчиком, соглашения с инвестором, или набор, сформированный руководителем проекта как достаточный для качественного анализа хода реализации проекта). Данный подход позволяет систематизировать процесс анализа вех проекта и производить их оценку дифференцированно для различных участников и стейкхолдеров.

«Стрела» проекта дублируется на экране: сверху отображается набор ключевых (контрольных) событий с целевым сроком выполнения, на нижней «стреле» - прогнозный срок соответствующих событий. Для каждой вехи осуществляется расчет величины отклонения от целевой даты, прогнозный срыв или его отсутствие индицируется соответствующим цветом, что позволяет как визуально оценить наличие или отсутствие рисков срыва сроков проекта, так и получить количественную оценку возможных последствий.

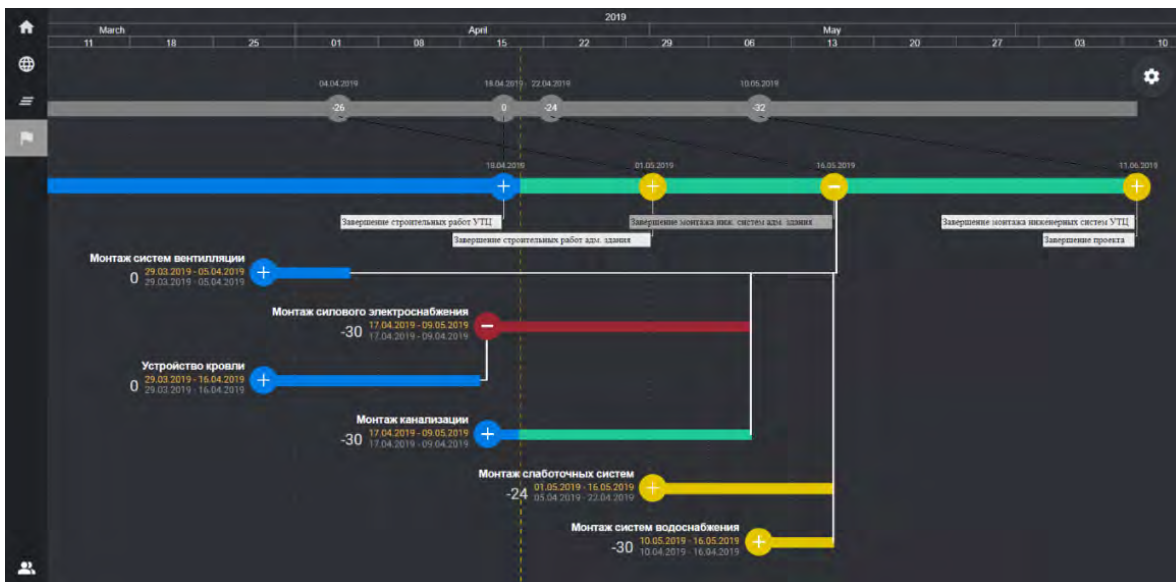


Рис. 3. Цифровой формат тактического уровня управления: «стрела» проекта

Для установления источника возникновения прогнозного отклонения сроков необходимо раскрыть автоматически формируемую на основании детального графика последовательность управляющих предшественников. Другими словами, система рассчитывает и отображает собственный критический путь для каждого отдельного ключевого (контрольного) события. Для каждого предшественника также производится расчет отклонения от целевого срока и индентификация прогнозных срывов, что помогает быстро найти причину и внести точечные корректировки в соответствующий график проекта.

Прогресс реализации отображается на генеральной линии, т.е. «стреле» проекта, синим цветом. Фактический срыв сроков ключевых (контрольных) событий и их предшественников также индентифицируется на экране.

Такой формат данных позволяет быстро и эффективно производить анализ хода реализации проекта в каждый момент времени без необходимости работы со специализированными сложными системами календарно-сетевое планирования. Для углубленного анализа качества планирования графиков проекта необходимо перейти на следующий уровень.

3. Третий уровень управления – организационно-технологический. Это уровень проектного офиса, или команды проекта. Его основа – интегрированный график, который обеспечивает синхронизацию всех видов деятельности, влияющих на достижение целей и результат проекта. Формирование комплексного интегрированного графика осуществляется посредством связывания соответствующих работ детальных графиков. При этом связывание происходит автоматически на основании общей системы кодирования работ на проекте. Однако в отличие от традиционных систем календарно-сетевое планирования, где для формирования интегрированного графика необходимо вручную связать все соответствующие работы различных графиков с помощью технологических зависимостей, при несоответствии сроков работ в разных графиках не происходит смещение сроков работ-последователей, а возникают временные коллизии.

Индицирование коллизий

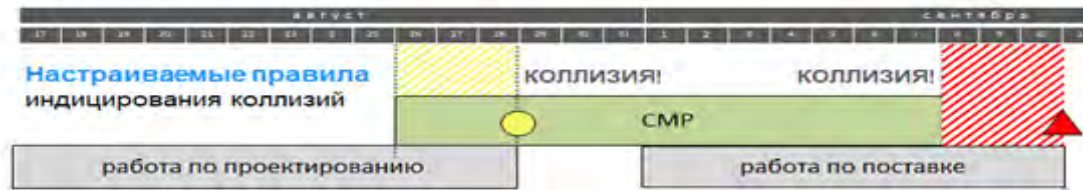


Рис. 4. Примеры временных коллизий между работами детальных графиков проекта

Правила возникновения коллизий для каждой пары связанных графиков индивидуальны, и должны настраиваться прямо в интерфейсе системы. Сами коллизии индицируются с помощью цветowych индикаторов на структурной декомпозиции работ основного графика и диаграмме Ганта.

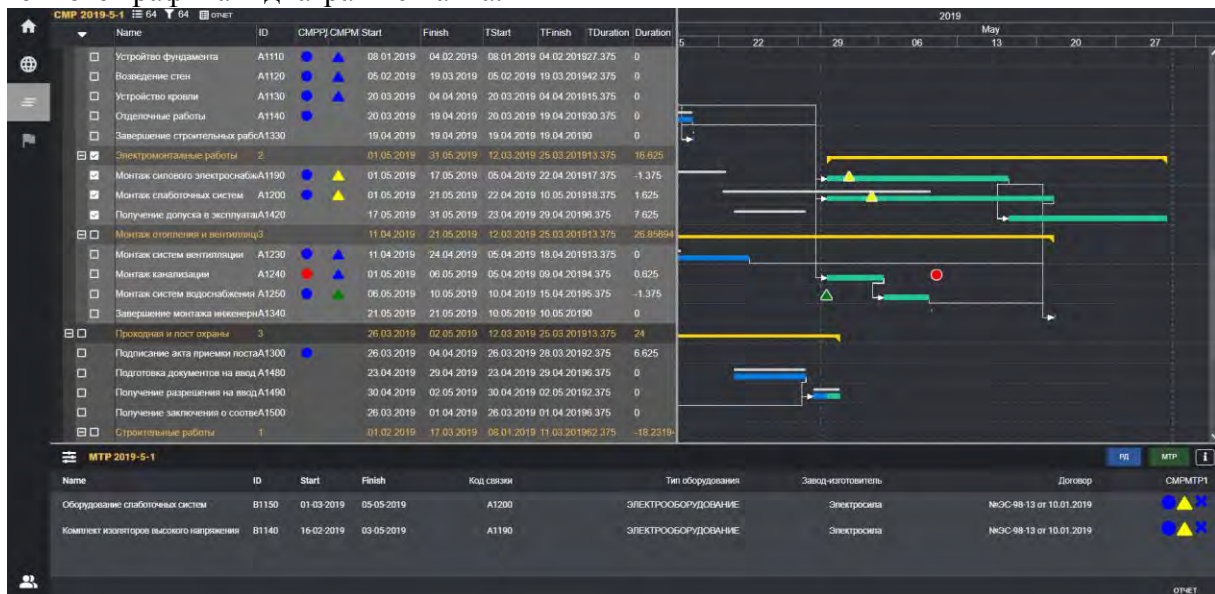


Рис. 5. Цифровой формат организационно-технологического уровня управления: интегрированный график проекта

Другим аспектом данного подхода является то, что он позволяет формировать интегрированный график с использованием действительно больших объектов в данных. Особенно это актуально, например, для графиков материально-технического обеспечения, где количество работ по закупке и поставке оборудования и материалов может достигать сотен тысяч. В таком случае нет необходимости формировать общую сетевую модель – при выделении работ основного графика соответствующие работы другого «обеспечивающего» детального графика отображаются в нижней части экрана со всей необходимой атрибутивной информацией.

Предлагаемый подход к формированию интегрированного графика проекта позволяет синхронизировать деятельность различных бизнес-функций в рамках реализации проекта, выявить ошибки в планировании соответствующих работ детальных графиков, влияющие на временные параметры, и принять своевременные эффективные управленческие решения на ранней стадии проекта.

4. Четвертый уровень управления – функциональный. Это уровень руководителя бизнес-функции в рамках проекта. Представляет собой детальный график по определенному виду деятельности. На данном уровне производится планирование и анализ перечня работ, технологии их выполнения (визуализация диаграммы Ганта в случае сетевого графика) и своевременности исполнения графика с использованием развитых инструментов работы в системе. Для эффективного контроля сроков исполнения детальных графиков предлагается применять индикаторы промежуточных вех. Это становится особенно актуально при

рассмотрении больших графиков с линейной структурой, например, графика проектирования, или материально-технического обеспечения, где жизненный цикл оборудования может состоять и десятков мелких итераций, или «промежуточных вех». В данном случае, в отличие от анализа на организационно-технологическом уровне, где производится оценка качества планирования, происходит контроль своевременности фактического исполнения плановых сроков.

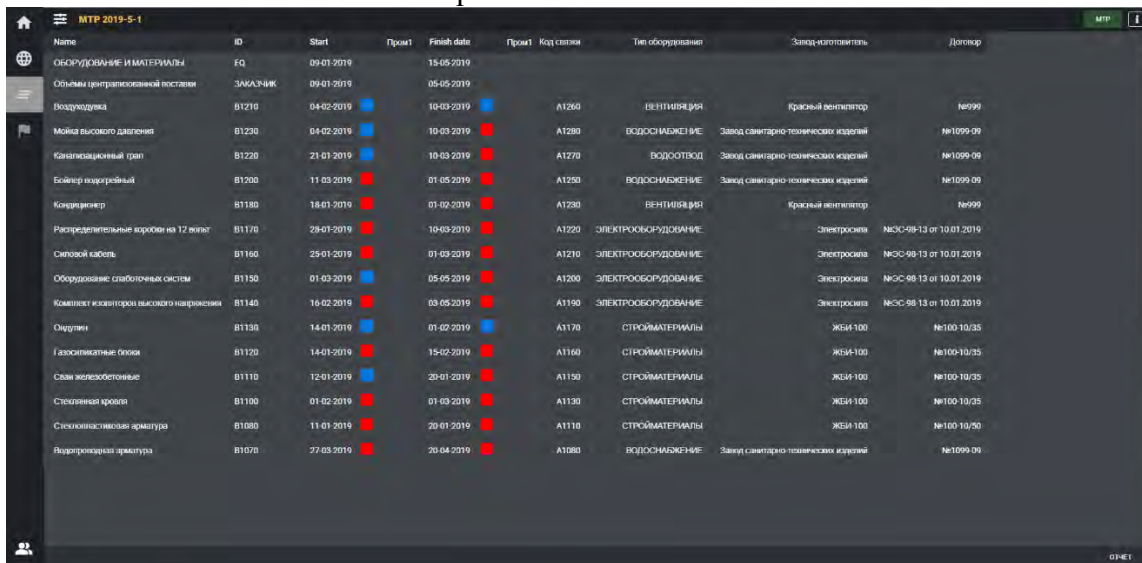


Рис. 6. Цифровой формат функционального уровня управления: детальный график проекта

Контроль промежуточных вех работ «обеспечивающего» детального графика позволяет выявить риски срыва сроков работ основного графика даже при начальном правильном планировании сроков проекта по всем видам деятельности.

Для перехода на последний уровень модели необходимо выбрать работу детального графика.

5. Пятый уровень управления – операционный. Это уровень исполнителей работ, которые выполняют конкретные строительные и монтажные операции (в случае строительно-монтажных работ), или любые другие итеративные действия в рамках одной работы детального графика. Данный уровень планирования является наиболее высокодетальным, и за счет этого позволяет уточнять сроки работ на вышестоящих уровнях в ходе реализации проекта, тем самым обеспечивая непротиворечивость данных внутри всей системы.

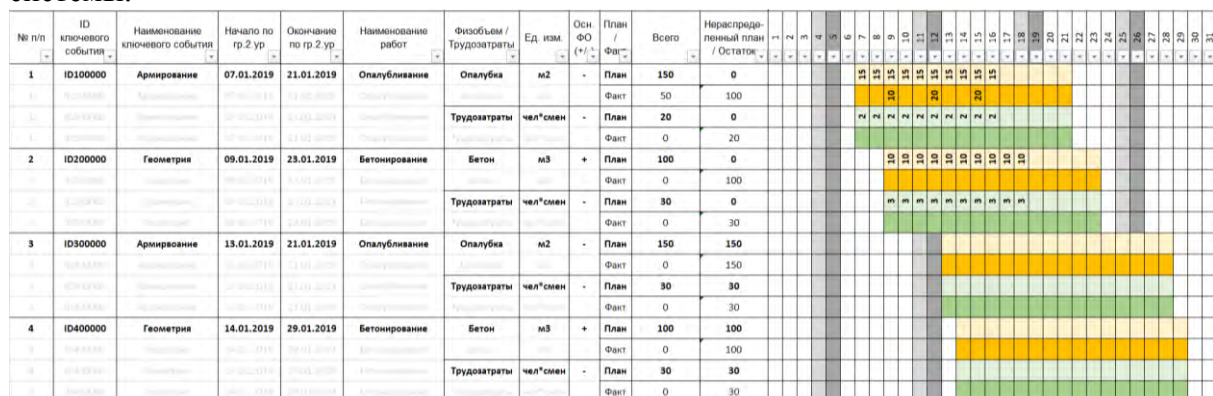


Рис. 7. Цифровой формат операционного уровня управления: высокодетальный график проекта

Наиболее частая область применения – формирование недельно-суточных и сменных заданий строительных и монтажных операций в разрезе физических объектов проектно-сметной документации. При интеграции детального графика СМР с системой управления инженерными данными планирование на данном уровне целесообразно выполнять на

основании строк смет, укрупняя их при необходимости. Формат цифровых данных на этом уровне позволяет формировать формы, уже готовые к печати, которые содержат физические объёмы, трудозатраты и дополнительную информацию о выполняемых работах. Обратная загрузка фактических данных в систему производится с помощью тех же самых, но уже заполненных форм.

Развитая система аналитики позволяет прямо на площадке строительства с использованием системы ежедневно отслеживать динамику выполнения работ и возникающие отклонения, при необходимости, вносить корректировки в планы по физическим объемам работ.

ВЫВОДЫ

Предложенная пятиуровневая система управления сроками позволяет обеспечить один из наиболее важных принципов системы – целостность данных. Это означает, что каждый следующий уровень уточняет (при движении данных «снизу-вверх») или детализирует (при движении данных «сверху-вниз») предыдущий, исключая различные интерпретации аналитической информации. В то же время цифровые форматы представления данных дифференцированы таким образом, что позволяют ответить на вопросы, возникающие на различных уровнях управления: «в каких проектах в рамках программы или портфеля наблюдаются проблемы?», «выполнение каких ключевых (контрольных) событий проекта под угрозой срыва в плановый срок?», «какие ошибки в планировании интегрированного графика, которые могут повлечь срыв сроков ключевых (контрольных) событий выявлены в проекте?», «какие работы детальных графиков проекта выполняются со срывом плановых сроков?», «какая динамика выполнения работ в разрезе строительных и монтажных операций?» (для графика строительно-монтажных работ).

Уникальность предложенного подхода также заключается в методологии формирования интегрированного графика проекта автоматизированным методом с помощью общей системы кодирования работ детальных графиков и индикаторов возникающих временных коллизий, что обеспечивает отсутствие возможности автоматического смещения сроков проекта из-за смещения сроков работ обеспечивающих графиков без принятия управленческого решения.

Такой комплексный подход к управлению сроками в совокупности с разработанными цифровыми форматами представления данных на каждом из уровней значительно повышает эффективность работы с временными параметрами проекта, создавая основу для качественного управления сложными проектами капитального строительства, существенно снижая общие риски срыва его целевых сроков реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассоциация специалистов и организаций в области управления проектами «СОВНЕТ». Требования IPMA к компетентности профессионалов в управлении проектами, программами и портфелями, версия 4.0. 2019 г., http://sovnet.ru/docs/events/ICB%204_0%20русский.pdf
2. Морозенко А.А., Зяблов А.А., Коваленко Ж.А. Принципы формирования комплексной базы знаний типовых организационно-управленческих решений применительно к сооружению АЭС. Автоматизация в промышленности. 2019, № 12. С. 59-62.
3. Гинзбург А.В., Гриднева Я.А. Оценка целостности системы управления строительством. В сборнике: Системотехника строительства. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 118-123.
4. Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Мартянова А.А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль. В сборнике: Системотехника строительства. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 326-330.
5. Горшков А.А., Зяблов А.А., Морозенко А.А., Херувимов И.А. Методика прогнозной оценки смещения сроков ключевых событий проекта при реализации ЕРС-контрактов. «Наука и бизнес: пути развития». 2020, №8(110) с. 27-32.

ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.

М.С. Каширцев¹, Д.В. Топчий²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,

¹kashirtsev.mikhail@mail.ru

²89161122142@mail.ru

Аннотация

В статье проанализированы теоретические аспекты осуществления научно-технического сопровождения на этапе строительства при возведении высотных зданий, а также описания научно-технического сопровождения, как комплексного метода, состоящего из взаимосвязанных между собой мероприятий. Первостепенной задачей специалистов, при научно-техническом сопровождении, является проведение анализа возможных отклонений и предоставление вариантов их решений, до возникновения опасных ситуаций. Рассматривается проблема введения определенных мероприятий по созданию безопасных условий ведения работ, а также контроля за соблюдением технологии возведения объекта и мониторинга по эксплуатации объекта. Приведено описание параметрической модели, разрабатываемой для унификации процессов научно-технического сопровождения на этапе строительства. В рамках данной статьи ведется описание разрабатываемых мероприятий для организации научно-технического сопровождения на этапе строительства. Приведена теоретическая часть, описывающая структуру научно-технического сопровождения, а также необходимость его применения непосредственно в процессе возведения уникальных высотных зданий. Задача исследования заключается в разработке параметрической модели на основе составленного регламента, которая позволит увеличить эффективность ведения строительства, сократить сроки производства работ, а самое главное обеспечить непрерывность строительного процесса, связанного с непредвиденными и не отслеживаемыми отклонениями в процессе возведения уникального высотного здания.

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство характеризуется применением новых, более совершенных, проектных решений, материалов, конструкций и технологий, развитием специализации исполнителей и связанным с этим большим числом участников строительного процесса. В этих условиях наряду с грамотной организацией производства и продуманной координацией взаимодействия исполнителей решающее значение приобретает эффективный контроль над своевременным внедрением технических новшеств, строгим соблюдением технологической дисциплины, всех требований по качеству применяемых материалов и конструкций, выполняемых на объектах. [1]

Само определение Научно-технического сопровождения звучит так - (НТСС) – комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, осуществляемых специализированными организациями в процессе изысканий, проектирования и возведения объектов строительства для обеспечения качества строительства, надёжности (безопасности, функциональной пригодности и долговечности) зданий и сооружений, с учётом применяемых нестандартных проектных и технических решений, материалов и конструкций. [2]

В связи с тем, что ведение научно-техническое сопровождение при возведении уникальных зданий и сооружений повышает эффективность строительства, а именно сокращает сроки и стоимость реализации проекта, мною была поставлена задача разработать универсальную параметрическую модель для оценки эффективности и целесообразности

применения параметров для уникальных высотных зданий и сооружений в рамках научно-технического сопровождения строительства. [3]

Объект исследования: организационно-технологических решения по проведению научно-технического сопровождения строительства уникальных высотных зданий.

Цель исследования: разработать систему для формирования организационно-технологических мероприятий по осуществлению научно-технического сопровождения строительства. Для достижения поставленной цели ставится задача сформировать список параметров, влияющих на повышение безопасности и эффективности при возведении уникальных высотных зданий и сооружений, в рамках научно-технического сопровождения строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования необходимо разработать список параметров, влияющих на показатели эффективности организационной структуры ведения научно-технического сопровождения строительства. [3] Данные параметры формируются на три группы, а именно:

- первая группа (Организационно-техническое сопровождение строительства);
- вторая группа (Технологическое сопровождение строительства);
- третья группа (Информационное сопровождение строительства).

Каждой группе соответствует свой список параметров, влияющих на эффективность ведения научно-технического сопровождения строительства. [4]

Параметры для каждого здания подбираются на основе анализа нормативной документации в строительстве как Российской, так и зарубежной.

Помимо составления списка параметров, основанного на нормативной документации, проводится уже реализованного научно-технического сопровождения при возведении высотных зданий в городе Москве. [5]

В результате анализа ранее проведённого сопровождения, составляется список параметров для каждого реализованного объекта строительства. На основе данного списка проводится выявление общих параметров для всех проанализированных объектов, для того чтобы создать унифицированную базу параметров, которую можно применить для любого высотного здания и получить реальную информацию об эффективности ведения научно-технического сопровождения. [6]

Каждый параметр имеет свой список критериев, который будет уникальным для объекта строительства. Изменение критериев будет происходить за счёт изменения исходных данных и условий строительства объекта.

Для получения показателей эффективности каждому критерию, в зависимости от исходных данных и условий строительства, присваивается уникальный весовой показатель. Весовые показатели варьируются от 0,1 до 0,5 с шагом 0,1 в зависимости сложности условий строительства.

Также каждый параметр имеет своё значение выполнения. Значения выполнения показывают фактическое выполнение параметров на исследуемом объекте строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После составления списка ключевых параметров и критериев к ним, необходимо к каждому критерию присвоить вес и значение, который будет меняться в зависимости от условий строительства для каждого объекта.

В параметрической модели в зависимости от степени целесообразности и необходимости применения того или иного параметра, каждому критерию присваивается свой вес.

Веса имеют следующую градацию:

0,5 – критерий для данного объекта строительства является важным и применение необходимо для повышения эффективности;

0,4 – критерий для данного объекта является важным и применение целесообразно для повышения эффективности;

0,3 – критерий для данного объекта не является важным, но применение повысит эффективность;

0,2 – критерий для данного объекта не является важным, применение данного параметра не приведёт к значительному увеличению эффективности;

0,1 – критерий для данного объекта не является важным и его применение не является необходимостью.

В рамках произведения машинного счёта весовые показатели автоматически переводятся в проценты и отображаются на рабочем экране модели.

Присвоение критериев пользователем модели, с учётом того что значения, выбираемые не являются субъективными, а зависят от физических параметров объекта строительства, периода строительства и нормативной документации.

В зависимости от выбранных критериев к каждому параметру формируется значение нормы эффективности научно-технического сопровождения. [7]

Также в модели применена трёхзначная градация, привязанная к выполнению тех или иных параметров.

Система выглядит следующим образом:

Полное выполнение мероприятий по НТСС указанных в параметре для объекта имеет значение – 1;

Частичное выполнение мероприятий по НТСС указанных в параметре для объекта имеет значение – 0;

Не выполнение ни одного мероприятия указанного в параметре для объекта имеет значение - -1.

Значение необходимости выполнения присваивается автоматически для каждого параметра в зависимости от получившегося веса у критерия.

Зависимость может выглядеть следующим образом:

При значении веса в диапазоне от 0,1 до 0,2 автоматически будет применено значение выполнения – 1;

При значении веса в диапазоне от 0,3 автоматически будет применено значение выполнения 0;

При значении веса в диапазоне от 0,4 до 0,5 автоматически будет применено значение выполнения 1.

Для подсчётов мною была составлена формула нахождения процента эффективности.

Норма эффективности получается в результате автоматических математических вычислений, которые происходят в модели в результате перемножения веса критерия на значение выполнения.

В результате получив норму процента эффективности, можно наглядно увидеть какие мероприятия наиболее существенно скажутся при применении на повышение процента эффективности.

ВЫВОДЫ

В результате при применении параметрической модели в процессе проведения исследования на объектах уникального строительства можно получить необходимые сведения об эффективности научно-технического сопровождения строительства для каждого объекта. Данный анализ и прогнозируемый процент эффективности применения регламентных мероприятий, предусмотренных определёнными параметрами, даёт возможность оценить целесообразность научно-технического сопровождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. МРДС 02-08 Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. ОАО «КТБ ЖБ», ГУП «НИИМосстрой», ФГУП «НИЦ Строительство», ГУП МНИИТЭП, ГОССТРОЙНАДЗОР г. Москвы, 2008. 76 с.
2. ТР 182-08 Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строительства большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений. Государственным унитарным предприятием города Москвы научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП "НИИМосстрой"), России, 2008. 27 с.
3. Гранев В.В. Научно-техническое сопровождение проектирования зданий и сооружений Издательство: ООО "Издательство ПГС" (Москва) 2018. 4 с.
4. Каширцев М.С., Топчий Д.В. Теоретические аспекты осуществления научно-технического сопровождения на этапе строительства при возведении высотных зданий: Издательство Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург), 2019. - 4 с.
5. Топчий Д.В., Юргайтис А.Ю., Данилочкин М.Н. Технология и организация строительного производства: Издательство Международный центр по развитию и внедрению механизмов саморегулирования (Москва), 2018. – 5 с.
6. Каширцев М.С. Топчий Д.В. Осуществление научно-технического сопровождения строительства при возведении высотных зданий, дни студенческой науки: Издательство Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Москва), 2019. - 5 с.
7. Топчий Д.В., Юргайтис А.Ю., Данилочкин М.Н. Научно-техническое сопровождение строительства и проектирования как дополнительный элемент квалиметрической модели обеспечения качества готовой строительной продукции журнал: «Технология и организация строительного производства», Издательство: Международный центр по развитию и внедрению механизмов саморегулирования (Москва), 2018. 5 с.

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНАЛА РЕГИОНА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

С.В. Колобова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, KolobovaSV@mgsu.ru

Аннотация

Экономическое развитие каждого региона тесно связано с качеством социальной сферы услуг. Важной задачей государственного и муниципального управления является грамотная политика и своевременное принятие решений хозяйствующих субъектов по поддержанию находящихся на территории объектов в исправном состоянии. Ключевым вопросом в социальной политике региона являются вопросы, связанные с постоянным или временным проживанием граждан: предоставление жилья льготным категориям граждан, расселение коммунальных квартир, эксплуатация муниципального жилого фонда, развитие социальной инфраструктуры, эксплуатация и ремонт инженерного оборудования, инженерных сетей, проведение плановых капитальных и текущих ремонтов объектов, аварийно-восстановительные работы и др. На все эти мероприятия требуются значительные капитальные вложения. Главным вопросом регионов с недостаточным бюджетом для реализации социальных программ будет являться привлечение частных инвестиций. Для планирования бюджета развития региона необходимо проведение постоянного мониторинга технического состояния находящихся на территории объектов. Автором предлагается блок-схема «Мониторинг функционала региона», позволяющая учитывать особенности региона и мнение жителей. При проведении мониторинга функционала региона проводится инвентаризация объектов социальной инфраструктуры, собираются сведения о промышленных предприятиях и организациях, об исторических памятниках, о техническом состоянии инженерных сетей. Характеристики объектов определяются по специальным методикам. Социально-ориентированные регионы обязательно должны знать и понимать жизненные проблемы своего населения, учитывать его мнение в процессе управления регионом. Поэтому требуется проведение периодических социологических опросов населения на предмет технического состояния жилого фонда, жилищно-коммунальных проблем, замечаний и пожеланий обновления, реновации городской среды. Таким образом, происходит тесное взаимодействие властей и населения. По результатам мониторинга органами исполнительной власти совместно с органами местного самоуправления принимается решение о реновации жилой застройки и привлечении частных инвестиций.

ВВЕДЕНИЕ

Главным вопросом регионов с недостаточным бюджетом для реализации программы реновации жилой застройки будет являться привлечение частных инвестиций.

Сложности составляют дефицит бюджета региона, инфраструктурные ограничения, административные барьеры, законодательное многообразие и нестыковки, высокие налоговые ставки, дороговизна и длительный период присоединения застройщиков к инженерным сетям. Поэтому дискутируется предложение о внедрении единой региональной программы расчета стоимости технологического подключения к инженерным сетям.

В ряде регионов можно привлечь инвестиции в инвестиционные проекты путем создания особых экономических зон (ОЭЗ) [1,2,], территорий опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР или ТОР) [3]. Такой статус позволяет использовать инфраструктуру в льготном режиме, иметь налоговые, таможенные, амортизационные послабления и, что важно, снижает административные препятствия.

Возможным импульсом развития могут стать индустриальные парки, технопарки, бизнес-инкубаторы. Ряд институтов должен содействовать программе реновации:

Региональный фонд развития промышленности (РФРП), Фонд развития и финансирования предпринимательства, Региональная лизинговая компания, гарантийные фонды, а также группа Российского экспортного центра.

Так как регионы по закону наделяются полномочиями снижать региональную часть налога на прибыль до 10%, некоторые регионы уже разумно предусматривают местные налоговые льготы по инвестиционным проектам социальной направленности [4].

Это могут быть региональные налоговые каникулы, либо рассрочка налоговых платежей. Предоставляются субсидии на возмещение части затрат на уплату процентов по рублевым и валютным кредитам. Также важно информирование о программах льготного кредитования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении уровня развития региона и муниципального образования рассчитываются определенные показатели.

Например, в Ростовской области за последнее десятилетие было реализовано 44 крупных инвестиционных проекта на 134,4 млрд.руб, которые повлекли за собой создание в регионе более 13 тысяч рабочих мест. Крупнейшим инвестпроектом, заявленным на российском инвестиционном форуме в Сочи (РИФ-2019), стало строительство в Ростове микрорайона «Вересаево». Основатель и владелец застройщика — ГК «Югстройинвест» — Юрий Иванов и губернатор Василий Голубев подписали соглашение, согласно которому компания реализует его в течение четырех лет. Объем инвестиций в проект превышает 24 млрд руб. Инвестор планирует строительство 30 домов высотой от 18 до 24 этажей и создание инфраструктуры. В микрорайоне должно появиться 540 тыс. кв. м жилья, из которых 27 тыс. кв. м девелопер предоставит обманутым дольщикам. Этот шаг был условием, на котором застройщик получил участок под строительство домов без торгов. [5].

В Краснодарском крае для поддержки инвестиционных проектов была снижена налоговая ставка налога на прибыль, налога на имущество организаций, иные субсидии, поддержка в СМИ, организация проведения конференций. Краснодарский край стал в 2019 году одним из пилотных регионов РФ по предоставлению налоговых преференций участникам нацпроекта "Производительность труда и поддержка занятости". В Законодательном собрании Краснодарского края ТАСС сообщили, что депутаты утвердили закон о предоставлении с 2020 года налогового вычета по налогу на прибыль до 90% и отмены для них налога на имущество на вновь вводимые объекты недвижимости. [6].

В Ставропольском крае преференции составляют: снижение на 4,5 % ставки налога на прибыль, освобождение налога на имущество, налоговая ставка 5% для отдельных категорий налогоплательщиков, льготная долгосрочная аренда, государственная гарантия и сопровождение инвестиционных проектов в прозрачном режиме «одного окна». В настоящее время в субъекте создано 12 индустриальных парков, координируемых Корпорацией развития края, на территории которых действуют 22 резидента. Резидентами уже осуществлены инвестиции в объеме более 26 млрд руб. и создано более 1 тыс. рабочих мест. Активно развивается созданный в 2016 году агропромышленный парк «Ставрополье» на территории Минераловодского городского округа. На период до 2020 года запланировано создание крупного фармацевтического кластера на базе индустриального парка «Северо-Западный» в Ставрополе. Основные риски для инвесторов сведены к экономической ситуации в стране, а также к зависимости производств от импортного сырья, технологий или оборудования. Тенденции, способствующие росту притока инвестиций в регионы, в настоящее время курируются не только на уровне субъектов РФ, но и федеральными агентствами. Так, АНО «Агентство стратегических инициатив» совместно с ведущими деловыми объединениями ежегодно проводит Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах РФ. В 2017 году Корпорация развития

Ставропольского края реализует расширенную дорожную карту по внедрению целевой модели «Эффективность деятельности специализированной организации по привлечению инвестиций и работе с инвесторами», которая позволит увеличить приток инвестиций в регион [7].

Социально-экономическое развитие любого региона является индикатором его функциональной активности и инвестиционной привлекательности. Главный потенциал региона – это его население, для которого создаются рабочие места и необходимые условия жизнеобеспечения: жилье, образование, здравоохранение, культура, сфера услуг, транспортная и инженерная инфраструктура [8,9,10]. Трудовая занятость местных жителей планируется с учетом многочисленных особенностей данного региона: политических, экономических, природно-климатических, экологических и др.[11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мониторинг функционала региона предполагает проведение инвентаризации объектов социальной инфраструктуры, включающих жилые дома, обслуживающие предприятия жилищно-коммунального комплекса (ЖКК), социально-бытовые, социально-культурные объекты; сбор сведений о функционировании промышленных предприятий и организаций, о наличии памятников истории, культуры и архитектуры, о состоянии износа объектов инженерной инфраструктуры. Сведения о состоянии объектов по различным характеристикам предоставляются муниципальными предприятиями и организациями. Оценка состояния и стоимости выполняется по определенным в каждом ведомстве методикам. Бюро технической инвентаризации (БТИ) устанавливает инвентаризационную стоимость недвижимости, кадастровая палата (ЕГКН) рассчитывает кадастровую стоимость, независимые оценщики определяют рыночную стоимость объектов, Росреестр (ЕГРН) устанавливает юридические права на недвижимость и наличие обременений (залогов, ипотеки, ареста и т.п.). Автором разработана методика оценки стоимости объектов с учетом их потребительских свойств. Полученные результаты по состоянию объектов и их действительной стоимости анализируются. Подводятся итоги социологического опроса. Суммарное представление о текущем состоянии объектов и настроениях жителей покажут наличие или отсутствие необходимости проведения реновации застройки, а значит и определения источников инвестирования реновации территории региона.

Мониторинг функционала региона предполагает проведение инвентаризации объектов социальной инфраструктуры, включающих жилые дома, обслуживающие предприятия жилищно-коммунального комплекса (ЖКК), социально-бытовые, социально-культурные объекты; сбор сведений о функционировании промышленных предприятий и организаций, сведения о наличии памятников истории, культуры и архитектуры, данные о состоянии износа объектов инженерной инфраструктуры. Такие сведения о состоянии объектов по различным характеристикам предоставляются муниципальными предприятиями и организациями.

Оценка состояния и стоимости выполняется по определенным в каждом ведомстве методикам. Бюро технической инвентаризации (БТИ) устанавливает инвентаризационную стоимость недвижимости, кадастровая палата (ЕГКН) рассчитывает кадастровую стоимость, независимые оценщики определяют рыночную стоимость объектов, Росреестр (ЕГРН) устанавливает юридические права на недвижимость и наличие обременений (залогов, ипотеки, ареста и т.п.).

Автором разработана методика оценки стоимости объектов с учетом их потребительских свойств. Полученные результаты по состоянию объектов и их действительной стоимости анализируются. Подводятся итоги социологического опроса.

На рис.1. представлена блок-схема «Мониторинг функционала региона» для последующего принятия административного решения о реновации территории региона.

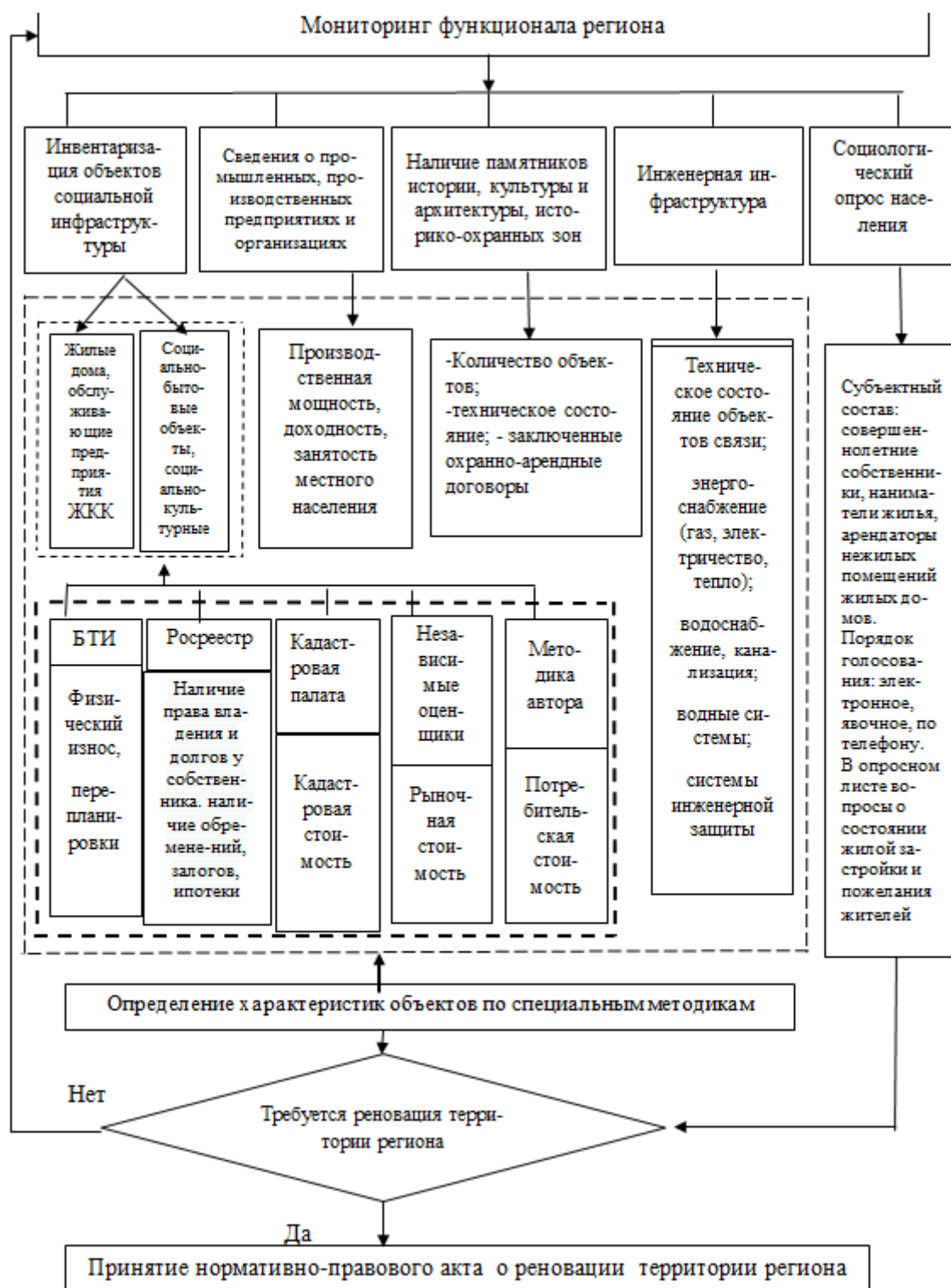


Рис.1. Мониторинг функционала региона (авторская разработка)

Суммарное представление о реальном текущем состоянии объектов и настроениях жителей покажут наличие или отсутствие необходимости проведения реновации застройки, а, значит, и последующего определения источников инвестирования реновации территории региона.

Предлагаемая автором блок-схема направлена на эффективное взаимодействие органов исполнительной власти и местного самоуправления по непрерывному контролю за

состоянием объектов инфраструктуры в регионе для принятия ими решения о реновации городской застройки и корректировки плана развития территории.

ВЫВОДЫ

С целью качественного управления региона необходим постоянный мониторинг его функционала и своевременное принятие решения о проведении хозяйствующими субъектами необходимых работ для поддержания объектов социальной инфраструктуры в исправном состоянии. Учитывая, что во многих регионах остро назрела проблема ремонта и восстановления жилого фонда, а также необходимость перепланировок городской застройки с учетом современного дефицита парковок, гаражей, автостоянок, мест отдыха, парков, культурно-развлекательных заведений, выделения велосипедных дорожек, мест для выгула животных и т.п., появляется необходимость изыскания потенциальных инвесторов для обновления, реновации городской застройки. Социально-ориентированные регионы обязательно должны знать и понимать жизненные проблемы своего населения, учитывать его мнение в процессе управления регионом. Поэтому требуется проведение периодических социологических опросов населения на предмет технического состояния жилого фонда, жилищно-коммунальных проблем, замечаний и пожеланий обновления, реновации городской среды. Такое взаимодействие властей и населения, вовлечение граждан в местное управление способствует укреплению гражданского общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баронов В.И., Костюнина Г.М. Свободные экономические и офшорные зоны. — Магистр: ИНФРА-М. — М., 2013. — С. 39—55. — 560 с. — ISBN 978-5-16-006667-7.
2. Особые экономические зоны | Министерство экономического развития Российской Федерации. www.economy.gov.ru. Дата обращения 7 октября 2020.
3. Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. N 473-ФЗ "О территориях опережающего социально-экономического развития в РФ". Российская газета. Дата обращения 7 октября 2020.
4. Нестерова А. Какие механизмы привлечения инвестиций в регионы наиболее эффективны и во что выгодно вкладывать? "Инвестиции". Приложение №34 от 28.02.2017.
5. Королев Н. Инвесторы выбрали на РИФ. Коммерсант. Юг России. Ростов-на-Дону. 26.02.19.
6. Регионы не согласились с оценкой Минфина РФ неэффективности льгот для бизнеса -ТАСС. 5.12 2019 tass.ru, Экономика и бизнес.
7. Министерство экономического развития Ставропольского края. Инвестиционный кейс, stavinvest.ru. Дата обращения 7 октября 2020.
8. Челпанов А. В. «Этап целеполагания социально-экономического развития Российской Федерации». ГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2018, Крым Республика-<https://interactive-plus.ru>
9. Тухватуллин Р.Ф. Методы оценки социально-экономического развития реального сектора региона (на примере Приволжского федерального округа) // Российское предпринимательство. – 2015. – Том 16. – № 22. – с. 4025-4036. – doi: 10.18334/rp.16.21.2017.
10. Растворцева С.Н. Основные направления влияния внешнеэкономических факторов на развитие регионов // Российское предпринимательство. – 2015. – Том 16. – № 23. – с. 4193-4198. – doi: 10.18334/rp.16.23.2170.
11. Новенькова А.З. Влияние теневой экономики на динамику показателей регионального социально-экономического развития // Теневая экономика. – 2017. – Том 1. – № 2. – с. 73-81. – doi: 10.18334/tek.1.2.37632.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

О.А. Король¹, Е.В. Дехтярь²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KorolOA@mgsu.ru

²dekhtyarev@mgsu.ru

Аннотация

Мероприятия по совершенствованию организации труда оцениваются с двух сторон: технико-экономической в целях обеспечения непрерывного роста производительности труда и повышения эффективности производства и социальной в целях улучшения условий труда, роста общеобразовательного и культурно-технического уровня работников в сфере ремонтно-строительного производства. В зависимости от того, на решение каких проблемных ситуаций направлены эти мероприятия, определяются элементы затрат, по которым можно получить экономический эффект. К ним относятся материальные, трудовые затраты, затраты на топливо-энергетические ресурсы и т.п.

Так, при повышении уровня использования рабочего времени, квалификации кадров можно получить экономию трудовых затрат. Совмещение профессией, освоение рабочим смежных профессий приводит к повышению квалификации труда, росту его интенсификации за счет повышения использования рабочего времени, что способствует росту производительности труда.

В результате совершенствования разделения труда перераспределяются функции между основными и вспомогательными рабочими, что приводит к более рациональному использованию квалифицированных кадров при выполнении ремонтно-строительных работ и способствует сокращению их текучести. Осуществление мероприятий по совершенствованию организации и обслуживанию рабочих мест (планирование рабочего места, обеспечение рабочих транспортом, загрузка рабочего места по режиму работы, материально-техническое обеспечение рабочего места и пр.) позволяет сократить трудовые ресурсы и получить экономию материальных средств.

ВВЕДЕНИЕ

При проведении работ по капитальному ремонту многоквартирных домов (МКД) важным обстоятельством является организация труда рабочих с соблюдением не только требований безопасности занятых на выполнении ремонтно-строительных процессов рабочих, но и безопасности и комфортности среды проживания в эксплуатируемом доме, т.к., как правило, капитальный ремонт проводится без отселения жителей МКД. Разработка мероприятий по совершенствованию организации труда нацелена на сокращение продолжительности ремонтно-строительных работ и экономии материально-технических ресурсов в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию организации труда при проведении капитального ремонта, разнородных по своему составу и структуре, связана с формированием соответствующих оценочных средств для оценки их эффективности в той или иной комбинации. Для этого могут использоваться как квалиметрические методы, с привлечением мнений квалифицированных экспертов, так и приведение к единой оценочной шкале, например, экономии денежных затрат.

В качестве основных мероприятий могут быть следующие.

Мероприятие 1. Снижение потерь рабочего времени ремонтно-строительных рабочих. Основная цель данного мероприятия – снижение непроизводительных затрат рабочего времени за счет внедрения обоснованных норм затрат труда (по результатам хронометражных измерений, фотофиксации технологических процессов и т.п.) и уплотнения рабочей смены.

Мероприятие 2. Совмещение профессии ремонтно-строительных рабочих. Цель данного мероприятия заключается в обеспечении взаимозаменяемости смежных профессий ремонтно-строительных рабочих, в результате чего может быть достигнута технико-экономическая эффективность по статье себестоимости «Заработная плата» за счет высвобождения отдельных рабочих из сферы производства.

Мероприятие 3. Формирование комплексных бригад. Цель – повысить производительность труда, в результате чего может быть достигнута экономическая эффективность за счет сокращения продолжительности ремонтно-строительных работ.

Мероприятие 4. Разработка логистических схем доставки материалов. Основная цель данного мероприятия – обеспечить своевременную доставку материалов на объект производства работ при строгом соблюдении графика рабочей смены. В результате выполнения данного мероприятия технико-экономический эффект достигается за счет повышения производительности труда рабочих, а также за счет снижения транспортных расходов при перевозках с сокращением числа рейсов и увеличением вместимости транспортных средств.

Мероприятие 5. Сокращение текучести кадров. Основная цель мероприятия – повысить производительность труда за счет снижения уровня текучести рабочих на объекте при улучшении условий труда и отдыха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффект от внедрения **мероприятия 1** рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E} = Z_{з.п.д} - Z_{з.п.п.},$$

где $Z_{з.п.д.}$ - текущие затраты на заработную плату до внедрения мероприятия; $Z_{з.п.п.}$ - текущие затраты на заработную плату после внедрения мероприятия.

$$Z_{з.п.д.} = \frac{P_c * Z_c * Ч_c * K_n}{Фр.в. * 100} \left(1 - \frac{Z_{стр}}{100} \right),$$

где P_c - продолжительность строительства; Z_c - среднемесячная заработная плата одного рабочего; $Ч_c$ - списочная численность рабочих на период внедрения мероприятия; K_n - количество невыходов на работу в связи с получением отпусков без содержания до внедрения мероприятия; $Фр.в.$ - фонд рабочего времени на период производства работ одного рабочего, дней; $Z_{стр}$ - затраты на ремонт.

$$Z_{з.п.п.} = \frac{P_c * Z_c * Ч_c * K_n}{Фр.в.} \left(1 - \frac{\Delta K_n}{100} \right) * \left(1 + \frac{Z_{стр}}{100} \right),$$

где ΔK_n - планируемое сокращение невыходов на работу за счет внедрения данного мероприятия, %.

Эффект от внедрения **мероприятия 2** рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E} = Z_{з.п.д} - Z_{з.п.п.} - Z_d,$$

где Z_d - дополнительные текущие затраты на обучение рабочих, совмещающих профессии, руб.

$$Зз.н.д. = \frac{ЗПср * Фпр * Чс * (100 + Нотч.)}{Др. * 100},$$

где ЗПср-средняя заработная плата одного рабочего в месяц; Фпр-фактическая продолжительность выполнения объема работ, дни; Нотч.-норматив отчисления на социальное страхование, Др-количество рабочих дней в месяце, дни.

$$Зз.н.п. = \frac{ЗПср * Фпр * (Чс - Чвыс) * (100 + Нотч.)}{Др. * 100},$$

где Чвыс- число высвобождаемых рабочих за счет совмещения профессии, чел.

$$Зд = Зед. * Чвыс ,$$

где Зед-дополнительные единовременные затраты на обучение одного рабочего.

Эффект от внедрения **мероприятия 3** рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E} = \frac{Пз * О * Нр * Уп * Фсокp.}{100},$$

где Пз-прямые затраты на выполняемую работу; О-объем ремонтно-строительных работ; Нр-норматив накладных расходов, %; Уп-условно-постоянная часть накладных расходов, %; Фсокp.-фактическое сокращение продолжительности ремонтно-строительных работ.

Эффект от внедрения **мероприятия 4** рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E} = Ст * Пр * Пп * Оч \left[\left(1 - \frac{100}{100 + Ро * Пвр} \right) - \left(1 + \frac{ЗПр}{100} - \frac{100 + ЗПр}{100 + Оч.п. * Пвр.п.} \right) + \frac{Пп * Оч * Ур + Осп * Сп}{2} * \left(\frac{Чр.д. - Чх.д}{В.м.д} - \frac{Чр.п. - Чх.п}{В.м.п} \right) \right],$$

где Ст-среднечасовая тарифная ставка рабочих по среднему разряду работы; Пр-продолжительность рабочей смены, ч.; Пп-продолжительность перевозок материалов на объект; Оч-общая численность перевозимых рабочих; Ро-общее число рейсов до внедрения мероприятия; Пвр-потери рабочего времени на один рейс до внедрения мероприятия за рабочую смену; ЗПр-планируемый возможный рост заработной платы после внедрения мероприятия; Оч.п.- общее число рейсов после внедрения мероприятия; Пвр.п.-потери рабочего времени на один рейс после внедрения мероприятия; Ур-удельный вес перевозимых рабочих в относительных единицах; Сп-себестоимость перевозок, руб/км; Чр.д.-число рейсов до внедрения мероприятия; Чр.п.-число рейсов после внедрения мероприятия; Чх.д.-число холостых рейсов до внедрения мероприятия в одну рабочую смену; Чх.п.- число холостых рейсов после внедрения мероприятия в одну рабочую смену; Вм.д.-вместимость транспортных средств до внедрения мероприятия; Вм.п.- вместимость транспортных средств до внедрения мероприятия.

ВЫВОДЫ

Реализация комплекса мероприятий по совершенствованию организации труда при проведении работ по капитальному ремонту МКД выявляет скрытые резервы, как материально-технических, так и финансовых ресурсов. Это служит основой для совершенствования нормативно-технической базы технологического нормирования в

ремонтно-строительном производстве. Практика применения новых строительных материалов, технологий и средств механизации в ремонтно-строительном производстве по мере накопления экспериментальных данных на основе методов хронометражных измерений, фотофиксации и т.п. и их верификация, в том числе и на основе статистической обработки, определяет закономерности непрерывного прироста качественных и количественных показателей организации труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мищенко В.Я., Драпалюк Д.А., Понявина Н.А. Планирование проведения ремонтно-строительных работ с целью достижения максимального срока эксплуатации строительных объектов // Промышленное и гражданское строительство. - 2010. - Вып. № 9. - С. 28-31.
2. Мищенко В.Я., Драпалюк Д.А., Назаров А.Н. Моделирование проведения ремонтно-строительных работ при эксплуатации жилого фонда // Вестник гражданских инженеров. - 2010. - Вып. № 24. - С. 43-47.
3. Король О.А. Концептуальные основы формирования нормативной базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных жилых домов // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 11 (1011). С. 20-21.
4. Король О.А., Кузнецов Г.С. Многокритериальный анализ мероприятий при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов // Недвижимость: экономика, управление. 2017. № 1. С. 57-61.
5. Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства. Научное издание. -М.: Изво АСВ, 2008 -296 с.
6. Котова Л.О., Король Е.А. Инновационные технологии капитального ремонта многоквартирных жилых домов. В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации». 2018. С. 341-344.
7. Драпалюк Д.А., Драпалюк Н.А. Эффективные подходы к контролю качества строительно-монтажных работ // Инженерные системы и сооружения. 2015. № 1 (18). С. 61-65.
8. СТО НОСТРОЙ 2.33.120-2013 Организация строительного производства. Капитальный ремонт многоквартирных домов без отселения жильцов. Правила производства работ. Правила приемки и методы контроля. -М., 2013.
9. Мищенко В.Я., Колодяжный С.А., Горбанева Е.П., Овчинникова Е.В. Применение алгоритмов поиска кратчайшего пути в ориентированном графе при планировании капитального ремонта жилищного фонда. В сборнике: Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году сборник научных трудов РААСН. Москва, 2019. С. 326-338.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Е.А. Король¹, Е.В. Дехтярь², Е.А. Тимофеева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KorolOA@mgsu.ru

²dekhtyarev@mgsu.ru

Аннотация

Мероприятия по совершенствованию технологии и организации ремонтно-строительных работ включают такие важнейшие факторы как снижения затрат, повышение производительности и уровня механизации труда, снижение материалоемкости и энергоемкости работ, внедрение систем управления и контроля качества работ, диспетчеризации, учета и хранения материалов, методов организации работ; снижение потерь времени за счет более эффективного использования основных фондов, использование местных и перспективных новых строительных материалов, совершенствование конструктивных и технологических решений и т.п.

В качестве планируемых мероприятий, которые отражаются на величине затрат, могут быть повышение выработки, увеличение уровня механизации, повышение производительности труда, снижение материалоемкости, снижение численности рабочих, снижение стоимости материалов, изменение структуры работ, внедрение новых материалов, повышение уровня механизации, повышение эффективности использования основных фондов, сокращение прочих расходов и т.п.

ВВЕДЕНИЕ

Принятие организационно-технологических решений при производстве работ по капитальному ремонту зданий имеет ряд особенностей, связанных с условиями адаптации их к эксплуатационному периоду в жизненном цикле объекта недвижимости. Это приводит к необходимости их идентификации и установлении ряда ограничений при разработке организационно-технологических моделей ремонтно-строительных работ с учетом как технологических, так и организационных факторов. Этим достигается повышение технологичности работ при капитальном ремонте зданий и безопасная пролонгация его жизненного цикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Декомпозиция организационно-технологических моделей возведения зданий на отдельные фрагменты – комплексные технологические процессы устройства отдельных конструктивных элементов и сравнении с аналогичными работами по капитальному ремонту этих же конструктивных элементов позволяет установить на сколько демонтажные процессы увеличивают общую трудоемкость и продолжительность работ.

Так, например, выполненные расчеты и анализ данных по трудоемкости демонтажных работ, рассчитанных на единицу измерения при капитальном ремонте кровли, показали, что она составляет 11,54% от общей трудоемкости ремонтно-строительных работ (табл.1).

Таблица 1. Состав и структура работ по капитальному ремонту кровельного покрытия.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Трудозатраты на единицу объема, чел.-ч	Доля работ от общего объема
1	Разборка покрытий кровли из рулонных материалов в 1-3 слоя*	100 м ²	17,41	3,39%
2	Разборка цементных покрытий до 20 мм*	100 м ²	24,6	4,77%
3	Устройство выравнивающих стяжек цементно-песчаных толщиной 15 мм	100 м ²	24,3	4,72%
4	Устройство рулонного покрытия в два слоя из наплавляемого материала типа "Филизол", "Изопласт"	100 м ²	53	10,29%
5	Устройство рулонного покрытия в один слой из наплавляемого материала типа "Филизол-супер" / дополнительный слой на стыках плит	100 м ²	33	6,40%
6	Устройство мелких покрытий (брандмауэры, парапеты, свесы и т.п.) из листовой оцинкованной стали/Герметизация кровли в местах пропуска	100 м ²	97,2	18,86%
7	Разборка покрытий кровли выходов на кровлю и вентиляций из рулонных материалов в 1-3 слоя*	100 м ²	17,41	3,38%
8	Устройство рулонного покрытия в два слоя из наплавляемого материала типа "Филизол", "Изопласт"	100 м ²	53	10,29%
9	Устройство рулонного покрытия в один слой из наплавляемого материала типа "Филизол-супер"/Дополнительный слой	100 м ²	33	6,40%
10	Устройство примыканий рулонных и мастичных кровель к стенам и парапетам выходов на кровлю высотой более 600 мм с одним фартуком	100 м ²	42	8,16%
11	Устройство примыканий рулонных и мастичных кровель к стенам и парапетам высотой до 600 мм без фартуков	100 м ²	23,1	4,48%
12	Устройство мелких покрытий (брандмауэры, парапеты, свесы и т.п.) из листовой оцинкованной стали	100 м ²	97,2	18,86%
	Итого		515,22	100%
			т.ч. 59,42*	в т.ч. 11,54 *

* - демонтажные работы в составе работ при ремонте кровельного покрытия.

Проведенный анализ трудозатрат по другим видам работ, включенных в перечень рекомендуемых работ по капитальному ремонту зданий, выявил, что доля демонтажных трудозатрат от общего объема при ремонте фасадов составляет 19%, при ремонте подвала - 14%, при ремонте подъезда - 21% (рис.1).

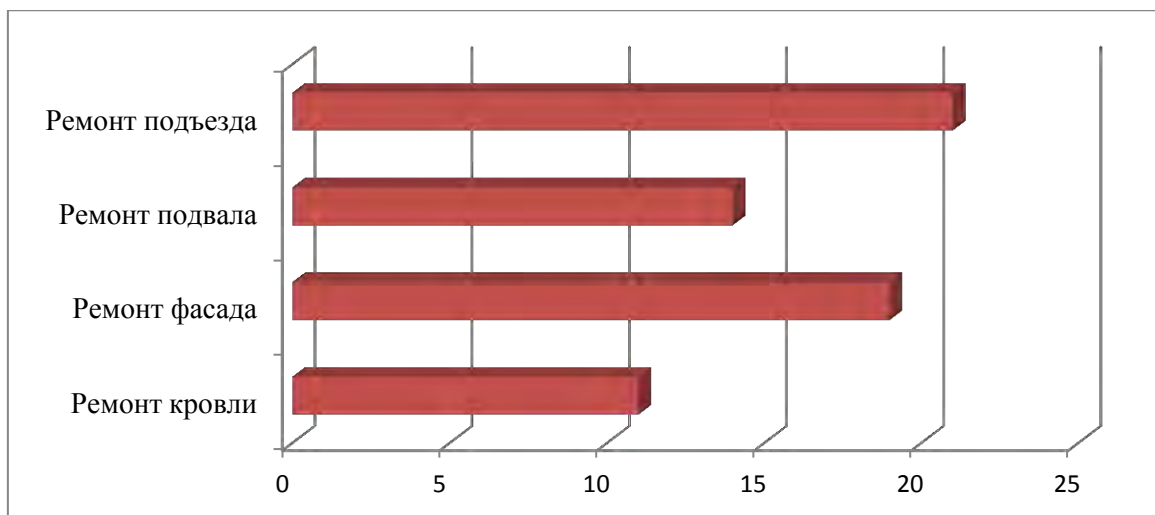


Рис. 1. Доля демонтажных трудозатрат от общего количества трудозатрат

Демонтажные работы приводят и к увеличению продолжительности как отдельных технологических процессов по ремонту конструктивных элементов, так и суммируются для комплекса работ при проведении капитального ремонта. В технологической последовательности они предшествуют основным строительным процессам и с учетом их технологических особенностей не совместимы по времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении работ по капитальному ремонту основные конструктивные элементы зданий представляют собой ограждающие конструкции, а следовательно, эти работы необходимо планировать в благоприятный сезонно-климатический период. Интенсификация работ за счет организации нескольких смен не представляется возможным, поскольку, как правило, капитальный ремонт многоквартирных жилых домов осуществляется без отселения жильцов и требует обеспечения нормальных условий проживания в этот период. Таким образом, все работы по капитальному ремонту организуют в одну дневную смену.

Работы по капитальному ремонту внутренних помещений и инженерных систем могут быть организованы до или после ремонта ограждающих конструкций, так как их выполнение не связано с температурно-влажностными параметрами окружающей среды. Однако, ремонт инженерных систем, требующий их отключения, может осуществляться только в теплый период года.

Организация параллельного выполнения отдельных работ требует соблюдения правил сохранности всех конструктивных элементов к моменту окончания полного комплекса ремонтно-строительных работ. Так, например ремонт плоской кровли осуществляется после ремонта фасада, поскольку закрепление люлек для ремонта фасада на кровле может привести к ее повреждению, что потребует дополнительных ресурсов устранения полученных повреждений. Поэтому в зданиях с плоскими крышами в первую очередь выполняют фасадные работы, а затем – кровельные. Для зданий со скатными крышами таких ограничений не существует, и данные виды работ могут выполняться как последовательно, так и параллельно.

Приведенные выше ограничения влияют на возможные изменения общей продолжительности работ по капитальному ремонту зданий в целом. (рис. 2,3,4).

	АПРЕЛЬ		МАЙ		ИЮНЬ		ИЮЛЬ	
	01.04.-30.04.		01.05.-31.05.		01.06.-21.06.		22.06.-30.06. 01.07.-31.07	
Ремонт фасада	■							
Ремонт кровли					■			
Ремонт подвала							■	
Ремонт подъезда							■	

Рис.2. Последовательная организация работ при капитальном ремонте.

	АПРЕЛЬ		МАЙ		ИЮНЬ		ИЮЛЬ	
	01.04.-30.04.		01.05.-31.05.		01.06.-21.06.		22.06.-30.06. 01.07.-31.07	
Ремонт фасада	■							
Ремонт кровли	■							
Ремонт подвала								
Ремонт подъезда	■							

Рис. 3. Параллельная организация работ при капитальном ремонте

	АПРЕЛЬ		МАЙ		ИЮНЬ		ИЮЛЬ	
	01.04.-30.04.		01.05.-31.05.		01.06.-21.06.		22.06.-30.06. 01.07.-31.07	
Ремонт фасада	■							
Ремонт кровли					■			
Ремонт подвала	■							
Ремонт подъезда	■							

Рис. 4. Выполнение работ при капитальном ремонте со совмещением

В теории и практике организационно-технологического проектирования известно два вида коэффициентов совмещения – по началу и по окончанию работ [12].

Коэффициенты совмещения могут определяться как моделированием, так и экспертным путем.

Рассчитаем коэффициенты совмещения для пары работ – ремонт фасада и кровли. Коэффициент совмещения по началу – K_n , определяет, какая часть предыдущей работы должна быть выполнена к моменту начала последующей. Коэффициент совмещения по окончанию – K_o , определяет, какая часть последующей работы должна оставаться невыполненной к моменту окончания предыдущей.

Математически это можно записать так:

$$K_n = \frac{a_1}{a_1 + a_2} \quad (1)$$

$$K_o = \frac{b_2}{b_1 + b_2} \quad (2)$$

Значения коэффициентов совмещения могут изменяться от 0 до 1.

Для работ по ремонту фасада и кровли $K_n = \frac{40}{40+21} = 0,33$; $K_o = \frac{6}{14+6} = 0,3$.

ВЫВОДЫ

Мероприятия по совершенствованию организации и технологии ремонтно-строительных работ имеют целью как снижение материальных затрат, так и повышение уровня комфортной среды жизнедеятельности в межремонтные периоды жизненного цикла зданий. Сокращение продолжительности ремонтно-строительных работ за счет повышения производительности труда и уровня его механизации, технологичности производства работ и общей культуры производства обеспечивают в целом минимизацию сроков вынужденных нестандартных условий проживания в эксплуатируемом здании в период производства работ по капитальному ремонту.

Отличительные особенности при разработке данных мероприятий в ремонтно-строительном производстве обусловлены факторами организационного, технологического, а также административно-регламентного характера, которые формируются с учетом производства работ в эксплуатационный период жизненного цикла зданий и должны

обеспечивать как безопасные, так и наиболее благоприятные условия пребывания людей в здании в период проведения ремонтно-строительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Король Е., Гайдышева Ю., Пассмор Д. 2018, МАТЕС Web of Conferences. Интеграция организационно-технологических и социальных аспектов при реализации программы реновации жилой застройки. 2511-8
2. Мищенко В.Я., Драпалюк Д.А., Назаров А.Н. Моделирование проведения ремонтно-строительных работ при эксплуатации жилого фонда // Вестник гражданских инженеров. - 2010. - Вып. № 24. - С. 43-47.
3. Маилян А. Л., Шушунова Н.С. оптимизация организационно-технологических моделей строительно-монтажных работ по критерию минимальной продолжительности // E3S Web of Conferences актуальные проблемы зеленой архитектуры, гражданского и экологического инжиниринга (TRACSEE 2019). - арт. № 08019. – V 164 (2020).
4. Король О.А., Кузнецов Г.С. Многокритериальный анализ мероприятий при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов // Недвижимость: экономика, управление. 2017. № 1. С. 57-61.
5. Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства. Научное издание. -М.: Изво АСВ, 2008 -296 с.
6. Кужин М., Акимоцкина М. Оптимизация параметров строительства с использованием ресурсного планирования. E3S Web of Conferences 97, 06030 (2019).
7. Драпалюк Д.А., Драпалюк Н.А.Эффективные подходы к контролю качества строительно-монтажных работ // Инженерные системы и сооружения. 2015. № 1 (18). С. 61-65.
8. СТО НОСТРОЙ 2.33.120-2013 Организация строительного производства. Капитальный ремонт многоквартирных домов без отселения жильцов. Правила производства работ. Правила приемки и методы контроля. -М., 2013.
9. Олейник П., Чередниченко Н., Шведов С., Мельничук В. Принципы обоснования продолжительности строительства объекта. E3S Web of Conferences 110, 0 (2019).

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

К.А. Ляховский

ГБУ ГАУИ, 119019, г. Москва, улица Новый Арбат, 11 стр.1

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, 7480923@bk.ru

Аннотация

При реконструкции появляется необходимость выполнения комплекса работ, не присущих новому строительству — демонтаж конструкций, их усиление: замена отдельных конструктивных элементов, замена, модернизация инженерных сетей и систем, разборка сооружений. Особенностью демонтажных работ и работ по усилению конструкций является то, что им практически всегда сопутствует комплекс работ по обеспечению устойчивости сохраняемых частей зданий и усиливаемых конструкций. Эти работы могут выполняться в условиях действующего эксплуатируемого объекта. Модернизация инженерных сетей и систем предполагает использование существующих питающих наружных и внутренних сетей. Медицинские учреждения являются сложными, а часто уникальными, как в части проектирования, так и в части выполнения работ. На действующем предприятии движение людей (пациентов и посетителей) не останавливается, есть существенные ограничения по организации строительной площадки. В докладе рассмотрены существующие методы организационно-технологического проектирования при реконструкции объектов здравоохранения, а также преимущества внедрения современных методов проектирования и их использования при последующей эксплуатации объектов.

Ключевые слова: реконструкция, эксплуатация, объекты здравоохранения, обследование зданий и сооружений, организационно-технологическое проектирование, документация, фронт работ, пространство, время, затраты труда, объекты здравоохранения, информационная модель, производительность, затраты труда

ВВЕДЕНИЕ

При существующей плотности городской застройки возведение новых корпусов для лечебных учреждений является большой проблемой. В основном идет переоснащение существующих зданий с изменением функционального назначения, созданием более комфортных условий для пребывания пациентов и посетителей. Разрабатываются новые стандарты по общим техническим решениям фасадов, интерьеров и благоустройству прилегающей территории детских поликлиник и стационарных учреждений здравоохранения города Москвы в рамках городских программ и общенациональных проектов. [4,6]

К особому виду относятся работы по изменению геометрических параметров сооружений без демонтажа существующих конструкций: изменение шага колонн, пролетов, выборочная замена отдельных конструктивных элементов. Ограниченность высотных и плановых габаритов здания в большинстве случаев исключает возможность применения монтажных кранов, а технологически специализированных комплексов машин и приспособлений для выполнения этих видов работ в настоящее время недостаточно. [1]

Реконструкция в ряде случаев может позволить сократить затраты на возведение объекта по сравнению с новым строительством в тех же условиях до 3...4 раз, а может быть дороже нового строительства. Главным образом это зависит от сложности условий строительства, особенностей возводимого или реконструируемого объекта, а также от степени рациональности принятых организационно-технологических решений

при проведении строительно-монтажных работ. Обоснованность принимаемых решений требует выработки критериев их оценки, поскольку широко используемые критерии экономической эффективности зачастую неприменимы буквально, а могут быть использованы только в качестве вспомогательных. Особенно это актуально для реконструкции зданий, имеющих историческое или иное значение, или при ведении строительно-монтажных работ вблизи таких сооружений.

Другой особенностью реконструкции является выполнение строительных работ в условиях действующих учреждений, а также соседства (иногда очень близкого) с эксплуатируемыми объектами, что снижает по сравнению с новым строительством «в чистом поле» производительность труда рабочих на 25...30% из-за большого числа вынужденных простоев, увеличения расстояния доставки материалов, невозможности применения некоторых видов техники, стесненности, необходимости выполнения сложных работ по разборке и замене конструкций, удельный вес заработной платы повышается на 30...45%, эксплуатационные расходы на средства механизации увеличиваются в 1,5...2,5 раза, удельная себестоимость отдельных видов работ повышается на 15%.

Технические решения должны базироваться на результатах обследования конструкций, существующего положения учреждения, также необходимо учитывать возможность выполнения работ в конкретных (стесненных) условиях действующего лечебного учреждения с выполнением строительно-монтажных работ в соответствии с графиками работы учреждений, что, свою очередь, требует специальной подготовки кадров, соответствующего оборудования и использования при разработке проектов современных программных комплексов и технологий. [1-3,8]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выявления и дальнейшего исследования распределения объемов и видов работ, оказывающих наиболее существенное влияние на продолжительность реконструкции лечебных учреждений, проведены стандартные процедуры анализа данных и статистики, полученных из проектной и исполнительной документации по реконструкции объектов здравоохранения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные результатов исследования можно рассмотреть на примере фрагмента (Рисунок 1) данных из проектной документации на проведение работ в приёмном отделении действующей ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И.В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы».[9, 7]

По данным спецификации помещений, указанных в проектной документации, 22 помещения из 47 (46% от числа помещений), имеют площадь меньшую, чем 10м². Также стоит обратить внимание на разницу высотных отметок в помещениях разных площадей и назначений. Общее количество помещений, в которых необходимо выполнить строительно-монтажные, в том числе отделочные работы только на первом этаже здания составляет 96, 52 (54% от числа помещений) из которых можно отнести к помещениям малого объема. При составлении организационно-технологической документации необходимо учитывать выполнение работ в условиях ограниченного пространства. Расчёт численности работающих кадров и ИТР согласно данных ПОС выполнен в следующем порядке:

Число работающих кадров и ИТР составляет:

$$A = \frac{СМР}{(n*W*T)}$$

где

СМР - общая стоимость строительно-монтажных работ (421,318 тыс. руб.);

W - средняя выработка в месяц на 1 работающего (330 тыс. руб.);

T - продолжительность работ в месяцах (9 месяцев по объекту аналогу);

n - количество смен (2 смены по объекту аналогу);

A – количество человек* (71 человек – расчётная величина). [9]

* По данным проекта. Расчёт выполнен для объекта в целом, проектом предусматривается проведение работ на трёх этажах здания на площади 3200м².

Стоит отметить, что данный расчёт затрат труда при проведении работ на объекте, не учитывает специфики производства работы и факторы, влияющие на время выполнения работ. Фронт работ в условиях ограниченного пространства ниже, а следовательно производительность и выработка сокращается. Также данной формулой невозможно учесть такие факторы как график работы учреждения, который накладывает существенные временные ограничения при проведении работ в условиях действующего учреждения. [2, 10]

ВЫВОДЫ

В результате исследования организационно-технологической документации 250-ти завершенных объектов сформулирован вывод о том, что процесс реконструкции ЛПУ в г. Москве в большинстве состоит из отделочных работ, которые составляют 60-80% от СМР. Таким образом, выявлены виды работ, оказывающие наибольшее влияние на продолжительность и сроки проведения работ по реконструкции объектов здравоохранения, изучение проблем, возникающих при планировании данного вида работ, которые будут являться объектом и предметом дальнейшего исследования.

Согласно действующим нормам на строительство объекты здравоохранения не является предприятиями общественного либо производственного назначения, при этом имеют ряд признаков, по которым их можно отнести и к тем, и к другим. Особых требований при составлении ПОС проектными организациями не предусматривается.

Предлагается:

- при проведении работ по обследованию, а в последующем и контролю за ходом выполнения работ использовать современные методы, подходы и технологии с целью повышения качества исходной, проектной, организационно-технологической и исполнительной документации; [8]

- внедрить новейшие технологии при проектировании, реконструкции и дальнейшей эксплуатации зданий; [5, 11]

№ пом. Nr Room	Наименование помещения Room name	Характеристики / Characteristics		
		Площадь Area	Периметр Perimeter	Высота Height
		м ²	м	м
1	2	3	4	5
1-00А	ТАМБУР	6,07	11,17	+3,00
1-00Б	КОРИДОР	30,15	31,40	+2,60
1-00В	КОРИДОР	38,82	39,69	+2,60
1-00Г	РЕГИСТРАТУРА/ХОЛЛ	111,14	81,11	+2,60
1-00Д	ЛИФТОВОЙ ХОЛЛ	9,61	12,53	+2,40
1-00Е	ТАМБУР	17,55	19,34	+2,60
1-00И	ХОЛЛ С ГАРДЕРОБОМ	64,53	51,27	+2,60
1-00К	ШЛЮЗ	9,38	12,52	+2,60
1-00Л	ЛИФТОВОЙ ХОЛЛ	16,14	19,47	+2,60
1-00М	ТАМБУР	4,81	9,29	+2,40
1-00Н	ТАМБУР	3,56	7,81	+2,40
1-00П	ТАМБУР	5,87	11,18	+2,40
1-00Р	ХОЛЛ	99,61	74,15	+2,60
1-00С	ТАМБУР	3,75	8,5	+2,40
1-00Т	КОРИДОР	29,94	32,03	+2,60
1-00У	ТАМБУР	5,47	10,74	+3,00
1-01	САМУЗЕЛ	3,90	8,12	+2,60
1-02	ПУЛЬТОВАЯ	15,03	17,20	+2,60
1-03	ТАМБУР	6,04	12,07	+3,00
1-04	ПУЛЬТОВАЯ	11,42	13,74	+2,60
1-05	ПРОЦЕДУРНАЯ МРТ	26,49	21,54	+2,60
1-06	ПРОЦЕДУРНАЯ КТ	30,60	22,22	+2,60
1-07	САМУЗЕЛ	2,40	6,40	+2,60
1-08	ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОМЕЩЕНИЕ	13,64	15,37	+2,60
1-09	КАБИНЕТ ЭКГ С НАГРУЗОЧНЫМИ ПРОБАМИ	16,35	17,77	+2,60
1-10	КАБИНЕТ РЕНТГЕНОЛОГОВ	13,54	15,37	+2,60
1-11	КАБИНЕТ ЭКГ	15,87	17,77	+2,60
1-12	КАБИНЕТ ТЕРАПЕВТА	13,16	15,37	+2,60
1-13	КАБИНЕТ УЗИ	16,30	17,78	+2,60
1-14	КАБИНЕТ КАРДИОЛОГА	13,53	15,37	+2,60
1-15	КАБИНЕТ НЕВРОЛОГА	16,82	17,77	+2,60
1-16	КАБИНЕТ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ	21,18	22,48	+2,60
1-17	КАБИНЕТ КАРДИОЛОГА	16,25	17,74	+2,60
1-18	КАБИНЕТ ПЛАТНЫХ УСЛУГ	15,73	16,84	+2,60
1-19	ПОДСОБНОЕ ПОМЕЩЕНИЕ	6,73	10,77	+2,60
1-20	МОЕЧНАЯ СТОЛОВОЙ ПОСУДЫ	9,27	12,27	+2,60
1-21	БУФЕТ	7,84	11,51	+2,60
1-22	ТАМБУР	5,74	10,1	+2,60
1-23	ХРАНЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ	5,57	9,5	+2,60
1-24	КОМНАТА ОТДЫХА	6,94	11,1	+2,60
1-25	ПОМЕЩЕНИЕ ОХРАНЫ	7,5	11,51	+2,60
1-27	ГАЗОАПЛАТНАЯ	10,10	12,88	+3,00
1-28	САМУЗЕЛ	2,16	6,07	+2,60
1-29	САМУЗЕЛ	2,16	6,07	+2,60
1-30	КЛАДОВАЯ УБОРОЧНОГО ИНВЕНТАРЯ	3,73	8,7	+2,60
1-31	КЛАДОВАЯ ЧИСТОГО БЕЛЬЯ	3,8	7,8	+2,60
1-32	АПТЕЧНЫЙ КИОСК	16,02	16,94	+2,60

- ускорить темпы освоения новых технологий компьютерного моделирования при целевой подготовке кадров, владеющих BIM, в профильных ВУЗах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов М. Н., Лапидус А.А. Современные технологии реконструкции гражданских зданий. Издательство АСВ, Москва, Год издания 2014. Страницы 10-.
2. Олейник П. П., Бродский В. И. Особенности организации строительного производства при реконструкции зданий и сооружений. Технология и организация строительного производства. 2013. №4 С. 40-45
3. Дорогань И.А. Модель организации жизненного цикла медицинского здания // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 12. С. 1474–1481. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.12.1474-1481
4. Малыха Г.Г., Гусева О. Б., Петрунин В. В., Теслер Н.Д. Проведение реконструктивных работ на существующих объектах медицины // Вестник МГСУ. № 9. 2012. С. 214—220.
5. Котов В. М., Эмба С. И. Оптимизация организационно-технологических решений с применением BIM-технологий при реновации жилых зданий // Научно-технический журнал Строительное производство. 2020. №2. С. 10-16.
6. Андреева С. А. Градостроительная реконструкция комплексов зданий медицинских учреждений в условиях формирования городской застройки. В сборнике: ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ. // Сборник статей. Самарский государственный технический университет. Самара. 2019. С. 22-27.
7. Теслер Н.Д., Малыха Г.Г., Петрунин В. В. Факторы, влияющие на формирование объемно-планировочных решений при реконструкции многофункциональных медицинских объектов // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 48—54.
8. Юргайтис А. Ю., Юргайтис Д. Ю. Потенциал внедрения технологии GPS навигации при проведении строительного контроля на объектах капитального строительства, реконструкции и перепрофилирования // Научно-технический журнал Строительное производство. 2019. № 1. С. 26-36.
9. Единая информационная система в сфере закупок. [Электронный ресурс] URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok44/view/documents.html?regNumber=0373200053817000044&backUrl=e74f233f-44a4-4588-a14b-3d702cbe1ce5> (процедура № 0373200053817000044 Техническое задание. Раздел Проект организации строительства. Заказ № 088/17ПОС (ПСД). Москва 2017) (дата обращения: 21.09.2020).
10. Дорогань И.А. Влияние организационно-технологической сложности на сроки выполнения работ // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1331–1340. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.10.1331-1340
11. Ляховский К. А., Сотников Л. Л. Моделирование производственных процессов, как инструмент решения технологических и организационных проблем в строительстве и ЖКХ / В сборнике: Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности. // Сборник докладов 2-й Международной научно-технической конференции. Институт непрерывного образования, Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, Центральный научно-исследовательский институт экономики и управления в строительстве. 2012. С. 165-175.

МАЛОТОННАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

О.Н. Медведева¹, С.Д. Перевалов²

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77,
medvedeva-on@mail.ru

²ООО «САРАТОВЗАПСИБНИИПРОЕКТ-2000», 410000, г. Саратов, ул. Мичурина, 107,
ya.yaskay@gmail.com,

Аннотация

Для решения задачи разработки оптимальных схем топливоснабжения объектов, удаленных от опорных пунктов газоснабжения, требуется комплексное решение ряда задач, одними из основных являются: разработка системы оптимального функционирования автономного газоснабжения и разработка алгоритма расчета основных параметров природного газа в схеме его транспортировки и использования в сжиженном виде. Обоснована эффективность малотоннажного производства сжиженного природного газа (СПГ) для создания инфраструктуры производства и потребления СПГ отдаленных и труднодоступных населенных пунктов, где магистральные газопроводы практически недостижимы, а строительство распределительных газопроводов экономически неэффективно. Проведенный анализ технологий сжижения газа показал, что использование технологических процессов сжижения газа на основе смесевых хладагентов позволяет снизить энергозатраты в холодильных циклах, а использование хладоносителя для предварительного охлаждения сетевого газа и в процессе транспортировки потребителям позволяет повысить энергоэффективность производства и улучшить эксплуатационные возможности комплекса СПГ в целом.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день доля газа в топливно-энергетическом балансе России превышает 54 %, что является одним из самых высоких показателей в мире, при этом главным приоритетом для газовой отрасли является внутренний российский рынок, потенциал которого очень высок. Одним из важнейших условий повышения внутреннего потребления газа является газификация регионов Российской Федерации. Существующая в России технология газификации с использованием сети газовых магистралей практически исключает из этого процесса целые районы с малыми населенными пунктами, фермерскими хозяйствами, коттеджными поселками, отдельными объектами промышленности, малыми предприятиями. В соответствии с Программой газификации регионов РФ газификацию населения планируется осуществлять с учетом наличия и развития в регионах запасов природного газа, а также с использованием альтернативных энергоносителей, включая сжиженный и компримированный природный газы (СПГ и КППГ), сжиженные углеводородные газы (СУГ).

Последние события, произошедшие в мире, показали нерентабельность реализации проектов крупнотоннажных заводов сжиженного природного газа. Относительно небольшие инвестиции в малотоннажное производство привлекательнее для инвесторов из-за меньших срока строительства и срока окупаемости. Использование СПГ имеет большую эффективность в вопросах покрытия так называемого «пикового» спроса в первую очередь за счёт более простой технологии подготовки газа, отсутствия капиталоемких газопроводных сетей, возможности доставки автомобильным, воздушным, морским транспортом, возможностью задействовать малые и средние месторождения природного газа и других определяющих факторов [1—8 и др.]. В этой связи, в сложившихся условиях, технологии децентрализованного (автономного) энергоснабжения отличаются высокой востребованностью, и спрос на энергетические объекты малой мощности растет высокими темпами.

Во многих странах мира (к их числу относится и Россия) сжиженные газы используются для нужд хозяйства и промышленности уже много десятилетий [9 и др.]. Такие свойства этих газов, как высокая теплотворная способность, экологичность сгорания, удобство хранения и транспортировки в сжиженном виде под давлением, а также возможность дальнейшей переработки для получения синтетической продукции, обеспечивают им широкий спектр применений — в качестве источника тепла, моторного топлива, сырья для нефтехимических производств. Масштабы использования сжиженных газов в каждой из этих областей во многом специфичны для конкретного региона потребления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На сегодняшний день в России реализуются разнообразные модели проектов производства СПГ, большая часть из них являются интегрированными, включающими в себя добычу и производство газа, за счет чего они являются конкурентно устойчивыми.

В зависимости от места расположения и требуемого объема потребления топлива для поставки СПГ могут использоваться наземные или плавучие решения по хранению, регазификации СПГ и производству электрической энергии [1, 6, 8].

В условиях ограниченной инфраструктуры и рынка сбыта для большинства региональных проектов преимущественным направлением развития энергообеспечения потребителей является малотоннажный СПГ. По прогнозам к 2030 году совокупный объем производства на малотоннажных установках достигнет почти 4,5 млн т., что составляет порядка 3 % от общего объема производства СПГ в России [6]. Преимуществом малотоннажного производства СПГ является высокая скорость реализации проекта, однако использование простых, но не всегда эффективных технологий сжижения предопределяет необходимость проведения дальнейших исследований в данном направлении.

Как правило отечественные среднетоннажные и малотоннажные проекты СПГ требуют значительных удельных капитальных вложений на единицу установленной мощности, включая создание инфраструктуры и цикл ожижения, из-за отсутствия опыта реализации проектов, отечественного оборудования и других определяющих факторов. В качестве примера можно привести проект ООО «Сибирь-Энерго» (Кемеровская область), первая очередь завода представляет собой малотоннажное модульное производство на основе технологии смесевых хладагентов (MRC-цикл смесевых хладагента (метан, азот, пропан, этилен, н-бутан), 100% ожижение), производительностью первой очереди 1,5 т/ч, капитальные вложения – 864 млн. руб. Технологию и инжиниринг оборудования обеспечила Китайская государственная компания [6].

Вместе с тем, из-за низкой стоимости исходного сырья — природного газа — суммарные издержки производства СПГ в нашей стране, по результатам анализа Центра энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, являются одними из самых низких в мире [6].

В Сахалинской области реализован проект ПСК «Сахалин» с использованием дроссельной технологии ожижения, ориентированный на рынок моторного топлива и автономное газоснабжение потребителей, к которым не будет подведен сетевой природный газ. Долю автономной СПГ—газификации к 2029 году планируется довести до 19 %.

Цепочка производства СПГ включает в себя цикл, начиная с добычи газа, его подготовки, транспорта и заканчивая процессом ожижения.

В состав комплексов средств СПГ входят: комплексы по сжижению природного газа, хранилища и средства выдачи СПГ, средства транспортировки СПГ, хранилища у потребителей, газификаторы, специальная криогенная арматура, газораспределительное оборудование.

На рис. 1 представлена схема газоснабжения потребителей на базе сжиженного природного газа [2]. В данной схеме представлено два варианта доставки СПГ потребителям в криогенных цистернах. По первому варианту СПГ из автоцистерны поступает в

испаритель–подогреватель, затем в пункт редуцирования, откуда подается различным категориям потребителей. По второму варианту из автоцистерны продукт поступает в хранилище СПГ, затем через установку сжижения подается в сеть газораспределения для общего потребления.

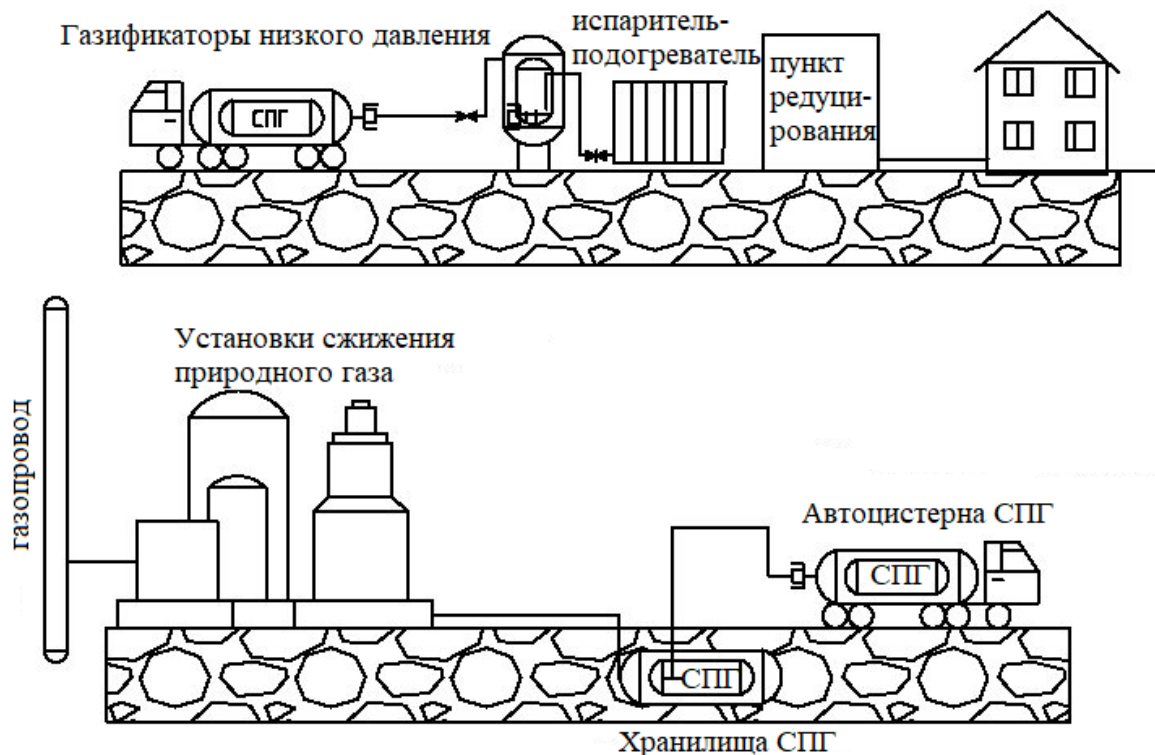


Рис. 1. Схема газоснабжения потребителей на базе сжиженного природного газа

Выбор технологии сжижения основывается на выборе источника для производства СПГ — газораспределительные станции (ГРС), автогазонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), газовые сети различного давления, газоперерабатывающие заводы, месторождения природного газа. При наличии развитой газотранспортной системы целесообразнее всего использовать малотоннажное производство СПГ на ГРС и АГНКС (с долей ожижения от 10 до 20 %). При наличии месторождений природного газа необходимы технологии производства СПГ со 100 % ожижением, например, использование азотного цикла или цикла на смешанном хладагенте, извлекаемом на месте из природного газа [4]. В любом случае выбор технологического процесса должен обеспечивать термодинамическую эффективность, безопасность и иметь минимальные эксплуатационные затраты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты технико-экономических показателей систем газоснабжения с применением малотоннажных комплексов СПГ (годовой объем потребления газа от 7000 до 30000 тыс. м³/год) и использованием сетевого природного газа позволяют сделать следующий вывод: критический радиус действия газоснабжения $R_{кр}$ (максимальное удаление газоснабжаемого населенного пункта от источника газоснабжения), при котором дисконтированные затраты в сравниваемые варианты равны, обоснованно увеличивается с ростом годового газопотребления. При этом при условии $R < R_{кр}$ целесообразно традиционное газоснабжение от магистрального газопровода, при $R > R_{кр}$ повышается конкурентоспособность сжиженного газа. Здесь R — радиус действия газоснабжения. В зависимости от годового газопотребления критический радиус изменяется в достаточных больших пределах — от 40 до 150 км. Экономия дисконтированных затрат при использовании СПГ будет увеличиваться по мере удаления потребителя от источника газоснабжения, например, при удалении

конечного потребителя на 150—200 км от источника газоснабжения экономия составит порядка 120 млн. руб/год.

В результате анализа существующих схем топливоснабжения на базе сжиженного природного газа (СПГ) с использованием автомобильного транспорта предлагается способ транспортировки газа, позволяющий свести к минимуму количество бесполезно расходуемого холода [10]. Суть идеи заключается в возвращении холода, полученного при регазификации СПГ, обратно на завод по получению СПГ и использованию его для предварительного охлаждения природного газа в цикле сжижения [11].

ВЫВОДЫ

Важным преимуществом СПГ является его ценовая конкурентоспособность. СПГ может активно использоваться для энергообеспечения населенных пунктов, удаленных от магистралей сетевого природного газа, замещая твердые и жидкие виды топлива. Использование СПГ имеет несомненные экологические преимущества — объем вредных выбросов сократится более чем в два раза по сравнению с текущей ситуацией.

На сегодняшний день в нашей стране реализуются различные по мощности СПГ—проекты. Как показывает анализ, в сегменте малотоннажного производства наиболее эффективно использование отечественных технологий и оборудования. Максимальная ориентация на отечественное оборудование и технологии, налоговые льготы и другие факторы позволят на 10—12 % снизить расходы населения на использование газа в сжиженном виде.

Развитие малотоннажных проектов по производству СПГ в негазифицированных на сегодняшний день регионах повысит надежность обеспечения потребителей газовым топливом и, тем самым, будет способствовать развитию инфраструктуры использования газа в сжиженном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведева О.Н., Фролов В.О. Система резервного обеспечения потребителей газовым топливом // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). С. 38—47.
2. Рачевский Б.С. Нетрадиционный способ газификации // Газовая промышленность. 1999. №6. С. 55—56.
3. Medvedeva O.N., Frolov V.O., Kolosov A.I. Theoretical substantiation of method of delivery liquefied natural gas // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2016. No. 4 (32). С. 34—45.
4. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. М.: ИЦ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. 159 с.
5. Петелин Е.Н. Развитие малотоннажных заводов по производству СПГ в Китае. М.: Институт энергетики НИУ ВШЭ, 2016. 10 с.
6. Ишмуратова М. и др. Российский мало- и среднетоннажный СПГ. Региональная серия: Кузбасс, Якутия, Дальний Восток, Сахалин, Черное море. М.: Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. 56 с.
7. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. Москва: ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО, 2019. 210 с.
8. Федорова Е.Б., Мельников В.Б. Перспективы развития малотоннажного производства сжиженного природного газа в России // НефтеГазоХимия, 2015. № 3. С. 44—51.
9. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. Саратов: СГУ, 1988. 196 с.
10. Медведева О.Н., Фролов В.О. Разработка конструкции автомобильной цистерны для доставки сжиженного природного газа // Нефтегазовое дело. 2012. № 3. С. 108—114.
11. Medvedeva O.N., Frolov V.O., Kochetkov A.V. A tank for transporting liquefied natural gas // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Vol. 51. No. 3. С. 257—259.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ КРУПНОБЛОЧНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.А. Морозенко, В.В. Белов, И.Е. Воронков, А.С. Кабанов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, sotae@mgsu.ru

Аннотация

Одной из важнейших задач при строительстве атомных электростанций (АЭС), является наиболее широкое освоение объемов строительно-монтажных работ, что может быть достигнуто за счет создания индивидуальной индустрии, обеспечивающей строительный комплекс, а также за счет используемых технологий в строительстве. В работе представлено исследование, освещающие вопросы организационно-технологических решений при возведении современных АЭС с использованием несъемных армоопалубочных блоков. Данная технология строительства оказывает существенное влияние на организацию строительства АЭС в целом, и в частности на обеспечивающую инфраструктуру – строительно-монтажную базу (СМБ). Установлено, что в настоящий момент «механизм» развития строительно-монтажной базы, а также ее инфраструктура не является в должной мере обоснованным при крупноблочном строительстве АЭС (в том числе с использованием армоопалубочных блоков несъемной опалубки). В работе рассматриваются функциональные и технологические ограничения, связанные с крупноблочным строительством АЭС в ретроспективе ряда организационных и технологических аспектов инфраструктуры СМБ АЭС, а именно: ее состава, компоновочные решения и условия разворота на площадке строительства. Значительное внимание уделено функционально-технологическим особенностям формирования строительно-монтажных баз их инфраструктуры, компоновке и этапам «разворота», в зависимости от принятых технологических схем и блочности на монтаже для различных этапов строительства АЭС. Исследуется возможность технологической реорганизации строительно-монтажных баз и организации новых с учетом метода возведения, связанного с влиянием производственных факторов крупноблочного строительства атомных электростанций. На основе теоретических обоснований предложена концепция формирования инфраструктуры строительно-монтажной базы атомных электростанций с учетом изученных функционально-технологических ограничений.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач при строительстве АЭС, является соответствие директивным срокам строительства, так для проектов АЭС с «ВВЭР-ТОИ» это срок установлен в – 48 месяцев («головной» блок) и 40 месяцев (для «серийного» энергоблока) [1, 2]. Данные показатели могут быть достигнуты за счет увеличения индустриализации строительства, а именно – повышении степени заводской готовности с последующим укрупнением в монтажные блоки конструкций и оборудования, что позволяет перенести большинство трудозатрат в более комфортные условия производства [1–4]. Подобное достигается преимущественно за счет создания в подготовительный период индивидуальной индустрии, обеспечивающей строительный комплекс – строительно-монтажной базы, которая располагается близ площадки строительства АЭС и связана с ней транспортными путями [4]. Состав и мощность производственных цехов строительно-монтажной базы определяется проектом организации строительства АЭС, с привязкой к конкретным условиям района и серии проекта [4]. Типовой состав в общем виде, определен п. 8.4.9.7 СТО СРО-С 60542960 00032-2014, как – «комплекс генподрядчика; комплекс общестроительных организаций; комплекс тепломонтажных организаций; комплекс электромонтажных организаций; комплекс химмонтажных организаций; база главного механика и главного энергетика; база

автохозяйства с участком механизации; сооружения общего назначения; городок для временного проживания строительного персонала; объекты базы дирекции» [4], а мощность производственных площадей, зависит от объемов работ по неизменяемой и изменяемой частям проекта АЭС и определяется в первом приближении на основании данных объектов-аналогов или прямым технологическим расчетом [5].

Широкомасштабное исследование, проведенное АО «Институт «Оргэнергострой» в 80-х гг. прошлого века, выродившееся в создание – обязательных технологических правил [6], обосновывают комплекс строительно-монтажной базы для строительства АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 серии проекта «В-320», однако, с того времени существенных переработок данный документ не претерпевал (не смотря на проект ОТП-2006 «Обязательные технологические правила строительства атомных электростанций с реактором ВВЭР-1000+», который в действие так не был введен). Поэтому в настоящий момент порядок («механизм») развития строительно-монтажной базы, а также её состав применительно к атомным электростанциям современных серий проектов «В-392М», «В-510» и других, не является в должной мере обоснованным.

Цель данной работы – исследование возможностей технологической реорганизации строительно-монтажных баз и организации новых с учетом метода возведения АЭС, связанного с влиянием производственных факторов крупноблочного строительства атомных электростанций, в части компоновочных решений и условий «разворота» на площадке строительства.

Показанный в данной работе подход к оценке конкурентных решений строительно-монтажных баз в условиях функциональных и технологических ограничений при крупноблочном строительстве АЭС, позволяет получить в первом приближении наилучшей вариант по компоновке, составу и условиям «разворота» строительно-монтажной базы АЭС, для конкретного проекта.

Практическая значимость заключается в возможности использования материалов исследования при обосновании проектно-компоновочных решений СМБ АЭС, на предпроектном этапе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является – организационно-технологические решения строительно-монтажных баз АЭС. А предметом – компоновки, состав и условия разворота строительно-монтажных баз, в зависимости от функциональных и технологических ограничений, связанных с крупноблочным строительством АЭС, а именно – объемов и видов строительно-монтажных работ на площадке АЭС.

Решаемыми задачами, для достижения поставленной цели являются: анализ функционально-технологических ограничений при крупноблочном строительстве АЭС с последующим их логическим обобщением и классификацией применительно к изменениям в составе, компоновке и условиях «разворота» строительно-монтажных баз; формирование математической зависимости для определения в первом приближении: титульного состава зданий и сооружений СМБ, варианта их взаиморасположения между собой и площадкой АЭС, а также качественная оценка условий «разворота» на площадке.

В качестве основных методов, использованных в данной работе, применяются: анализ, обобщение, классификация и теория графов.

Теория графов позволяет на основе ранее полученных логических зависимостей (методами анализа, обобщения и классификации) построить схему трансформации строительно-монтажной базы в зависимости от функционально-технологических ограничений при крупноблочном строительстве АЭС, а также выбрать эффективную систему оценки конкурентных решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной объем строительно-монтажных работ на площадке строящейся АЭС преимущественно связан с главным корпусом [5, 7, 8]. В его состав (для проекта «АЭС-ТОИ»), как правило, входит: реакторное отделение с обстройкой, здание турбины, вспомогательный корпус и здание электроснабжения нормальной эксплуатации [5]. В настоящий момент технологии крупноблочного монтажа в полной мере реализованы только в части защитного контаймента реакторного отделения [7, 8]. Однако, вспомогательный корпус и ряд иных зданий и сооружений, где используются массивные защитные конструкции из монолитного железобетона, требует применение несъемных опалубок, в частности на основе фибробетонных блоков [9]. Первое предопределяет размещение в составе строительно-монтажной базы – цеха по сборке армоблоков и изготовлению закладных деталей, проходок, арматурных заготовок металлоконструкций; второе – цеха по изготовлению фиброопалубки. Таким образом, очевидно, что компоновка, состав, мощность и условия разворота строительно-монтажной базы на площадке, напрямую зависят от технологических особенностей методов возведения АЭС, принятых в проекте.

Анализируя современные особенности крупноблочного строительства АЭС, можно выделить ряд укрупненных групп основных функционально-технологических ограничений, связанных со строительством, и напрямую влияющих на компоновку, мощность, состав и условия разворота строительно-монтажных баз на площадке, а именно [1, 3, 5, 10, 11, 12]:

крупность разрезки на армометаллические блоки конструкций и их состав для гермообъема и защитного контаймента (сегментарная разрезка в виде колец, «лепестков» и элементов во всю высоту цилиндрической части защитной оболочки, наличие преднавешенной арматуры, каналообразователей и т.д.), в том числе в зоне действия основной штатной механизации строительной площадки;

методы возведения защитных конструкций зданий и сооружений АЭС с использованием арматурных блоков или блоков несъемной опалубки и т.д.;

конструкция самих блоков несъемной опалубки;

технологические условия бетонирования (интенсивность, состав смеси, применение самоуплотняющихся бетонных смесей, разрезка на ярусы бетонирования и др.);

укрупнение технологического оборудования в монтажные блоки и возможное включение таких блоков в максимально крупные блоки строительных конструкций.

На стадии проектирования в зависимости от конкретного проекта и местных условий наряду с выбором штатной механизации должны быть учтены все ограничения, которые позволят организовать возведение АЭС наиболее эффективным образом [4]. Соответственно, проект СМБ в данных условиях следует разрабатывать с учетом этих ограничений на основе рассмотрения альтернативных решений, которые предусматривают как ее возможно быстрое развитие, так и максимальную эффективность. В качестве таких методов оценки может быть предложена реализация всех особенностей строительно-монтажной базы АЭС в виде графа.

Для этого на начальном этапе, необходимо систематизировать основные логические изменения в составе, компоновке и условиях «разворота» СМБ, в зависимости от обобщенных групп функционально-технологических ограничений крупноблочного возведения АЭС (см. табл. 1).

Таблица 1. Логические изменения в составе, компоновке и условиях «разворота» СМБ, в зависимости от обобщенных групп функционально-технологических ограничений крупноблочного возведения АЭС (на примере армоопалубочных блоков специальных защитных конструкций АЭС).

№ п/п	Функционально-технологическое ограничение, влияющее на изменение СМБ АЭС	Варианты возможной трансформации СМБ АЭС		
		состав	компоновка	условия разворота
1	крупность разрезки на армометаллические блоки конструкций и их состав для гермообъема и защитного контаймента, в том числе в зоне действия основной штатной механизации строительной площадки			
1.1	<i>разрезка блоков защитного контаймента и их состав (для цилиндрической части защитной оболочки), с учетом размещения в зоне действия штатной механизации строительной площадки</i>			
1.1.1	<i>поставка конструкций непосредственно с площадок СМБ</i>			
1.1.1.1	«лепестки» с преднавешенной арматурой и каналобразователями	площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством	<ul style="list-style-type: none"> - близкое расположение цеха к площадке монтажа (минимальное расстояние между цехом и зоной монтажа); - наличие развитого железнодорожного пути или автодороги для перевозки специальной автотехникой; - достаточно большой радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ; - наличие открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок. 	до начала работ по возведению защитного контаймента
1.1.2	<i>сборка и укрупнение элементов конструкций производится на строительной площадке АЭС</i>			
1.1.2.1	разрезка на кольцевые элементы	<ul style="list-style-type: none"> - складская площадка; и/или - площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством. 	<ul style="list-style-type: none"> - любое (а в случае с цехом армоопалубочных блоков – близкое (возможно несколько большее расстояние чем в п. 1.1.1.1)) расположение складов относительно площадки укрупнительной сборки; - наличие транспортных связей между складом и площадкой укрупнительной сборки или наличие транспортных связей между заводами местной инфраструктуры и площадкой укрупнительной сборки (а в случае с цехом армоопалубочных блоков, наличие – железнодорожного пути или автодороги для перевозки специальной автотехникой, с менее жесткими требованиями чем в п. 1.1.1.1); - в случае с цехом армоопалубочных блоков – достаточный радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ (ограничение менее жесткое чем в п. 1.1.1.1); - наличие открытых, а в случае с цехом армоопалубочных блоков – открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок (меньшей площади чем в п. 1.1.1.1). 	до начала работ по возведению защитного контаймента
1.1.2.2	сегментарная разрезка во всю высоту цилиндрической части защитной оболочки	аналогично п. 1.1.2.1		
1.2	<i>разрезка блоков защитного контаймента и их состав (для купольной части защитной оболочки), с учетом размещения в зоне действия штатной механизации строительной площадки</i>			
1.2.1	<i>поставка конструкций непосредственно с площадок СМБ</i>			

№ п/п	Функционально-технологическое ограничение, влияющее на изменение СМБ АЭС	Варианты возможной трансформации СМБ АЭС		
		состав	компоновка	условия разворота
1.2.1.1	«лепестки» с преднавешенной арматурой и каналобразователями	площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством	<ul style="list-style-type: none"> - близкое расположение цеха к площадке монтажа (минимальное расстояние между цехом и зоной монтажа); - наличие развитого железнодорожного пути или автодороги для перевозки специальной автотехникой; - достаточно большой радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ; - наличие открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок. 	до начала работ по возведению защитного контаймента
1.2.1.2	монтаж купола единым элементом (вариант с транспортировкой тягачом на воздушной подушке)	площадка укрупнительной сборки с временным складом	<ul style="list-style-type: none"> - максимально близкое расположение площадки укрупнительной сборки к зоне монтажа; - автодорога для перевозки специальной автотехникой; - достаточно большой радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ; - наличие крана высокой грузоподъемности на площадке укрупнительной сборки; - открытая площадка. 	во время производства работ по возведению защитного контаймента, заблаговременно до монтажа купола
1.2.2	<i>сборка и укрупнение элементов конструкций производится на строительной площадке АЭС</i>			
1.2.2.1	разрезка на кольцевые элементы	<ul style="list-style-type: none"> - складская площадка; и/или - площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством. 	<ul style="list-style-type: none"> - любое (а в случае с цехом армоопалубочных блоков – близкое (возможно большее расстояние чем в п. 1.2.1.1)) расположение складов относительно площадки укрупнительной сборки; - наличие транспортных связей между складом и площадкой укрупнительной сборки или наличие транспортных связей между заводами местной инфраструктуры и площадкой укрупнительной сборки (а в случае с цехом армоопалубочных блоков, наличие – железнодорожного пути или автодороги для перевозки специальной автотехникой (меньшей пропускной способности чем в п. 1.2.1.1)); - в случае с цехом армоопалубочных блоков – достаточный радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ (ограничение менее жесткое чем в п. 1.2.1.1); - наличие открытых, а в случае с цехом армоопалубочных блоков – открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок (меньшей площади чем в п. 1.2.1.1). 	во время производства работ по возведению защитного контаймента, заблаговременно до монтажа купола
1.2.2.2	монтаж купола единым элементом			
1.3	<i>крупность разрезки на армометаллические блоки конструкций и их состав, с учетом размещения в зоне действия штатной механизации строительной площадки</i>			
1.3.1	<i>поставка конструкций непосредственно с площадок СМБ</i>			
1.3.1.1	применение армоопалубочных блоков	площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством	<ul style="list-style-type: none"> - близкое расположение цеха к зоне монтажа конструкций; - железнодорожный путь или автодорога для перевозки специальной автотехникой блоков в зону монтажа; - достаточный радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ; - наличие открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок. 	до начала работ по возведению защитного контаймента
1.3.1.2	применение арматурных каркасов, без облицовки	площадка (цех) по изготовлению арматурных блоков со складским хозяйством	<ul style="list-style-type: none"> - близкое расположение цеха к зоне монтажа конструкций; - железнодорожный путь или автодорога для перевозки специальной автотехникой блоков в зону монтажа; - достаточный радиус поворота в пределах транспортной связи площадки АЭС и СМБ; - наличие открытых, закрытых или открытых и закрытых площадок. 	до начала работ по возведению защитного контаймента

№ п/п	Функционально-технологическое ограничение, влияющее на изменение СМБ АЭС	Варианты возможной трансформации СМБ АЭС		
		состав	компоновка	условия разворота
1.3.1.3	применение армоопалубочных блоков с внешним армированием (без стержневой арматуры)	площадка (цех) по изготовлению армоопалубочных блоков со складским хозяйством		
1.3.2	<i>сборка и укрупнение элементов конструкций производится на строительной площадке АЭС</i>			
1.3.2.1	применение армоопалубочных блоков	аналогично п. 1.1.2.1		
1.3.2.2	применение армоопалубочных блоков с внешним армированием (без стержневой арматуры)			

При работе с конкретным проектом необходимо перевести указанные в табл. 1 логические изменения в конкретные конечные варианты СМБ, которые можно представить графически, также можно, на ряду с ними учитывать и привязку логических изменений к конкретным условиям проекта и местным условиям района строительства АЭС (которая будет строиться аналогичным показанному в табл. 1 способу). Например: наличие сурового климата в районе строительства приведет к изменению в виде организации исключительно закрытых площадок производства на СМБ; наличие постоянно дующих ветров – к комбинации закрытых и открытых площадок и т.д.

Представляя каждое изменение в составе, компоновке и условиях «разворота» СМБ в виде дискретных вариантов, путем описания их какого конечного решения, можно сформировать направленный граф с конечным числом вариантов, в котором каждая из вершин будет соответствовать промежуточному логическому изменению СМБ (см. рис. 1).

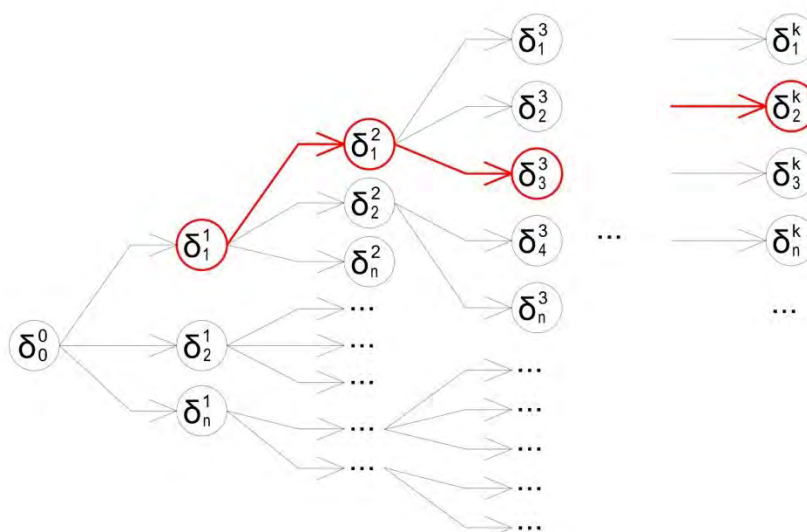


Рис. 1. Общая (упрощенная) схема логически построенного графа, в том числе с учетом привязки к конкретным условиям строительства (проекта), применяется поэтапно, с учетом данных табл. 1. Где d_0^0 – «нулевая компоновка» (первоначальное решение по строительно-монтажной базе с учетом требования п. 8.4.9.7 СТО СРО-С 60542960 00032-2014); d_n^k – один из дискретных вариантов по составу, компоновке и условиям «разворота» СМБ АЭС, где k – числовой индекс отражающий этап

применения фактора условий привязки к проекту, $k = 0, 1, \dots, j$; n – индекс отражающий тот или иной дискретный вариант СМБ принятый на основании логического изменения (см. табл. 1), $n = 0, 1, 2, i$.

В такой постановке линии перехода (вес ребер графа [$a_{i-1,j}^j$]) будут соответствовать системе – эквиваленту абсолютных капиталовложений, учитываемых совместно со сроками реализации того или иного вида дискретного решения СМБ (вершины графа), так как согласно [4] в случае с СМБ следует стремиться к наикратчайшим срокам ее возведения с наименьшими капиталовложениями. Следовательно, наилучший вариант строительно-монтажной базы лежит на критическом пути графа, т.е. задача сводится к отысканию кратчайшего остова графа [G]. Итогом расчетов будет являться, в первом приближении: титульный состав зданий и сооружений СМБ, вариант их взаиморасположения между собой и площадкой АЭС, а также качественная оценка условий «разворота» на площадке. При обработке полученного графа, для отыскания кратчайшего остова графа [G], удобно использовать матрицу весов [C] (см. табл. 2) [13].

Таблица 2. Пример формирования матрицы весов [C], для отыскания кратчайшего остова графа [G], полученного в результате логического рассмотрения вариантов изменения СМБ АЭС. [13]

	d_0^0	d_1^1	...	d_i^1	d_1^2	...	d_i^2	...	$d_{n-i}^{k=j}$
d_0^0	¥	$a_{0,1}^1$	...	...	...	...	...	...	...
d_1^1	$a_{0,1}^1$	¥	...	...	...	...	...	...	...
...
d_1^2	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	¥	$a_{i-1,j}^j$
$d_{n-i}^{k=j}$	...	...	...	...	...	...	...	$a_{i-1,j}^j$	¥

ВЫВОДЫ

Разработанный в настоящей работе подход, основанный на методе графов, позволяет аналитически оценить в первом приближении: состав, компоновку и вариант «разворота» строительно-монтажной базы АЭС в зависимости от функционально-технологических ограничений при крупноблочном строительстве АЭС, не исключая при этом учет местных условий реализации проекта.

Обоснованно получить в первом приближении, наилучшую комбинацию: титульного состава зданий и сооружений СМБ, вариант их взаиморасположения между собой и площадкой АЭС, а также качественной оценки условий «разворота» на площадке.

Дальнейшие пути исследования заключаются в детальном анализе прямой и обратной связи между отдельными вариантами строительно-монтажной базы, определёнными как вершины графа, а также учету всех факторов включая местные условия района строительства с формированием конечных логических качественных (описательных) вариантов баз.

ЛИТЕРАТУРА

- Егоров С.В., Нефедов С.С. Системный подход // [сайт «www.proatom.ru»] PProAtom. 09.04.2013. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&thold=-1&mode=flat&order=1&sid=4446>. Дата обращения: 08.08.2020 г.;
- Осокин А.М. Проект организации строительства ВВЭР-ТОИ // [сайт «www.proatom.ru»] PProAtom. 08.04.2013. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=4443>. Дата обращения: 08.08.2020 г.;
- Финкельштейн Ф.Я., Морозов В.И. Перейти Рубикон // [сайт «www.proatom.ru»] PProAtom. 12.04.2017. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=7422>. Дата обращения: 08.08.2020 г.;

4. СТО СРО-С 60542960 00032-2014. Стандарт организации объекты использования атомной энергии. Организация строительства. Часть 1. Подготовительный период строительства. Часть 2. Основной период строительства. М.: ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли», 2014. 48 с. Режим доступа: http://sro-atomstroy.ru/wp-content/uploads/file/1STROY/Documents/Standarts/Period_stroy_STO.pdf. Дата обращения: 06.04.2019 г.;
5. Морозенко А.А., Белов В.В., Кабанов А.С. Организационно-технологические и компоновочные решения строительно-монтажной базы АЭС: учебное пособие. М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. 136 с.;
6. ОТП-86. Обязательные технологические правила строительства атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000. Том I. Сводный том. М.: Всесоюзный проектный институт «Атомэнергостройпроект», 1988. 165 с.;
7. Гриценко А.С. Технология крупноблочного монтажа несъемной опалубки реакторных отделений АЭС: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Киев. инж.-строит. ин-т. – Киев, 1990. 20 с.: ил. РГБ ОД, 9 90-7/566-1. Режим доступа: <http://www.dslib.net/promstroj-technology/tehnologija-krupnoblochnogo-montazha-nesemnoj-opalubki-reaktornyh-otdelenij-ajes.html>. Дата обращения: 06.04.2019 г.;
8. Пергаменщик Б.К., Темишев Р.Р. Изменение трудозатрат при укрупнении специальных конструкций АЭС // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 138 – 142. Режим доступа: <http://www.vestnikmgsu.ru/en/component/sjarchive/issue/issue.download/2012/1/pdf>. Дата обращения: 06.04.2019 г.;
9. Дорф В.А., Красновский Р.О. Индустриализация строительства АЭС с использованием сборно-монолитных железобетонных конструкций с фибробетонной опалубкой // [официальный сайт АО «Институт «Оргэнергострой» – www.ioes.ru]. 07.06.2018. Режим доступа: <https://www.ioes.ru/ru/publikatsii/stati/130-industrializatsiya-stroitelstva-aes-s-ispolzovaniem-sbornno-monolitnykh-zhelezobetonnykh-konstruktsij-s-fibrobetonnoj-opalubkoj>. Дата обращения: 08.08.2020 г.;
10. Пергаменщик Б.К., Теличенко В.И., Темишев Р.Р. Возведение специальных защитных конструкций АЭС / под общ. ред.: д.т.н., проф. В.И. Теличенко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 240 с.
11. Коротких Д.Н., Кокосадзе А.Э., Кулинич Ю.И., Паникин Д.А. Технология бетонирования внутренней защитной оболочки реакторного здания Белорусской АЭС // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2016-737-5-10-15>;
12. Доможиллов Ю.Н., Кокосадзе Э.Л., Колтун О.В., Крыжановский А.Л., Морозенко А.А., Павлов А.С., Пергаменщик Б.К., Теличенко В.И., Темишев Р.Р. Организация и технология строительства атомных станций: учебник / под общ. ред.: д.т.н., проф. В.И. Теличенко; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – М.: МГСУ, 2012. 400 с.
13. Домнин Л.Н. Элементы теории графов: учебное пособие / Изд-во Пенз. гос. ун-та. Пенза. 2007. 144 с.

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ МОДУЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНОМОДУЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Л.А. Пахомова¹, П.П. Олейник²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*liliya_7172@mail.ru*

²*OleynikPP@mgsu.ru*

Аннотация

Рассматривается направление организации строительства жилых зданий из объемных модулей и крупномодульных элементов. Первые серии объемно-блочных жилых домов были запроектированы в 1931 году. Приводятся причины, которые не позволили перейти к массовому объемно-блочному домостроению. Рассматриваются первые полигонные производства объемных модулей, а также современные полигонные производства крупномодульных элементов. Перспектива получения современных индустриальных зданий массового возведения жилых зданий 5 поколения (5 Genereshion). Рассматривается новый виток ОБД (объемно-блочного домостроения). В современных условиях приобретающий новое название КМД (крупномодульное домостроение), которое более соответствует современным требованиям комфортности и удобством проживания. Для развития крупномодульного домостроения появляются первые решения следующих задач, которые выявлены в результате полигонных испытаний: возможность перевозки крупных модулей размерами: длиной 15,5 м ; шириной 6м ; высотой 3 м весом до 60 т. Перевозка должна осуществляться в ночное время в городских условиях при наличии машин сопровождения. Рассматривается тенденция к увеличению габаритных размеров модулей и уменьшения веса модулей. Для массового выпуска зданий 5 поколения крупномодульного домостроения в части организации строительства должны быть разработаны технологические карты на перевозку крупных модулей, разработаны технологические карты механизации для сборки крупномодульных зданий. Результаты исследования таковы: при организации строительства зданий из объемных модулей и крупномодульных элементов решены задачи по перевозке модулей с тенденцией при дальнейшем проектировании снижения веса модулей. А также остаётся в процессе решение организация монтажа модулей, подбор съёмных грузозахватных приспособлений для подачи к месту установки монтируемых модулей и осуществления подбора монтажных механизмов.

ВВЕДЕНИЕ

Методы строительства с использованием объемных блоков различных конструкторских решений, архитектура и история строительства строительства и в Российской Федерации, странах СНГ и других странах мира, подтверждает целесообразность и экономическую эффективность этого вида строительства.

В ГОСТ 25957-83 дано определение «блок-контейнер – объемный элемент полной заводской готовности». Объемный элемент может быть замкнутым, незамкнутым, трансформируемым.

[1]

Действие данного ГОСТа было закончено 01 сентября 2020.

С развитием науки и техники произошёл новый виток ОБД (объемно-блочного домостроения). В современных условиях приобретающий новое название КМД (крупномодульное домостроение), которое более соответствует современным требованиям комфортности и удобства проживания. [2]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первые серии объёмно-блочных жилых домов были запроектированы в 1931 году. [3]

Первые полигонные испытания были проведены в шестидесятые годы прошлого столетия перед постройкой предприятий по производству объёмно-блочного домостроения (ОБД).

Полигонные условия испытаний проходили по производству объёмных блоков и допустимы только на первом организационном этапе строительства, а также при производстве блоков без отделочных работ. Испытания необходимо производить без отделочных работ. Испытания по отделке объёмных блоков производились в закрытом помещении, даже при временном производстве. В целях исследования и экспериментального строительства в 1960 году Госстрой СССР организовал полигон на три технологические линии на двух из них он организовал технологические линии типа «колпак», на третьей линии производится комплектация, отделка и оборудование объёмных блоков. Третья линия располагалась параллельно линиям изготовления объёмных блоков. На полигоне предусматривается стендовая комплектация, отделка и оборудование.

В 1969 году были построены предприятия по производству объёмных блоков. Таким образом объёмно-блочное домостроение (ОБД) стало индустриальным. Однако по прошествии некоторого времени ОБД столкнулось с рядом проблем, таких как транспортировка и монтаж объёмных блоков. В результате полученный ранее экономический эффект был уже не настолько эффективным, как казалось ранее. ОБД остановилось в своём развитии и производственные мощности остались на уровне прошлого века.

В настоящее время появилась возможность получения полигонных испытаний с целью получения современных индустриальных зданий массового возведения жилых зданий 5 поколения (5 Generation).

Жилые здания 5 поколения (5 Generation) включают в себя два типа индустриальных зданий крупнопанельного и крупномодульного домостроения.

Для индустриального домостроения изначально Правительством были поставлены следующие задачи: соотношение цена – качество, планировка реализации домов новых серий, реализация жилых домов новых серий с переменной этажностью и наличием угловых секций для формирования квартальной застройки, вход в подъезды со стороны внутренних дворов, проектирование первых этажей для предприятий торговли и бытового обслуживания [4].

Индустриализация для жилых зданий 5 поколения (5 Generation) подразумевает формирование гибкой системы в части технологии индустриального домостроения – оперативное изменение выпускаемых изделий, переход на выпуск новых модулей или проектов без переналадки производства, производство выпускаемой продукции без снижения объёмов, наличие постов переоснастки форм [5]. А также внутренней отделки для КМД для крупномодульного домостроения.

В настоящее время пионером в области крупномодульного строительства является ГК «Монарх», который проводит масштабные исследования, проектирование и строительство жилых модульных зданий. В частности, впервые проведен эксперимент по транспортированию крупных модулей с размерами: длиной 15,5 м шириной 6м; высотой 3 м весом до 60 т. Перевозка экспериментально осуществлена в городских условиях в ночное время при наличии машин сопровождения.

Экспериментальная перевозка показала трудности в определении центра масс – расчётные данные частично не совпали с данными в процессе установки. Модули не получилось установить с симметричными свесами относительно базовых частей грузоприёмных платформ тралов. Эксперимент показал следующие данные асимметричного расположения модуля на трале относительно базы за счёт смещения центра масс: свес 2 м слева от базы трала и 2,28 м справа от базы трала. Для решения задачи центра масс при перевозке крупногабаритного модуля необходимо определить точные веса и габариты перевозимых

модулей. Просуммировать объёмные веса материалов, использовать спецификации и т.п. Также экспериментальная перевозка показала возможность увеличения габаритных размеров модулей с одновременным проведением поиска облегчённых материалов для производства модуля. Это решит выявленные проблемы с большим весом модуля (60т) при перевозке и его монтажа, а также наметится тенденция к снижению его веса. При организации монтажа модулей снижении веса является первоочередной задачей для выбора монтажного крана по типу, конструкции, разработке и подбору съёмных грузозахватных приспособлений и разработки организации строительной площадки.

Полигонные испытания для крупномодульного домостроения также допустимы для первого организационного этапа. В КМД отделочные работы уже входят в первый полигонный этап при подключении к временным сетям и сборке крупномодульных элементов на экспериментальных площадках в единую крупномодульную конструкцию.

В процессе исследования и экспериментального испытания решаются такие важные задачи как разработка конструкций модуля, способы изготовления крупногабаритного готового объёмного модуля и способа строительства зданий из крупногабаритных готовых объёмных модулей, а также способов производства объёмного модуля. [6, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования таковы: при организации строительства зданий из объёмных модулей и крупномодульных элементов решены задачи по перевозке модулей с тенденцией при дальнейшем проектировании снижения веса модулей. А также остаётся в процессе решение организация монтажа модулей, подбор съёмных грузозахватных приспособлений для подачи к месту установки монтируемых модулей и осуществления подбора монтажных механизмов.

ВЫВОДЫ

Для массового выпуска зданий 5 поколения (5 Generation) крупномодульного домостроения в части организации строительства должны быть разработаны технологические карты на перевозку крупных модулей, разработаны технологические карты механизации для сборки крупномодульных зданий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность ГК «МонАрх» и лично профессору, доктору технических, лауреату премии Правительства РФ в области науки и техники, член-корреспонденту Российской инженерной Академии, Заслуженному строителю РФ, Почётному строителю города Москвы Амбарцумяну Сергею Александровичу и Заслуженному строителю РФ, Почётному строителю города Москвы, избирателю Мещерякову Александру Сергеевичу.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25957-83 Здания и сооружения мобильные (инвентарные). Классификация. Термины и определения // Официальное издание - М.: Издательство стандартов, 1984 год.
2. № 305-ПП от 21.05.2015 «Об утверждении Требований к архитектурно-градостроительным решениям многоквартирных жилых зданий, проектирование и строительство которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы».
3. Самсонова М.Г., Семёнова Э.Е. История и тенденции развития объёмно-блочного домостроения в России и за рубежом // Высокие технологии в строительном комплексе / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2019. – № 2. – С. 37– 43. – Электрон. копия доступна на сайте Науч. электрон. б-ки eLibrary. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41672663>.
4. <https://stroi.mos.ru/articles/domrik-i-domnad-v-niekrasovkie-postroili-doma-novykh-sierii?from=cl>
5. Сапчева Л.В. Модернизация крупнопанельного домостроения – локомотив строительства жилья экономического класса// Жилищное строительство /Научно – технический и производственный журнал. – Москва, 2011. – № 6. – С. 2– 6.

6. Амбарцумян С.А., Мещериков С.А. Способ изготовления крупногабаритного готового объёмного модуля и способ строительства здания из крупногабаритных готовых объёмных модулей/ Патент на изобретение № 2712845 от 31.01.2020. – М.: Роспатент, 2020.
7. Амбарцумян С.А. , Мещериков С.А. Способ производства объёмного модуля/ патент на изобретение № 2715781 от 03.03.2020. – М.: Роспатент, 2020.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д.А. Погодин¹, А.И. Абрамова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹PogodinDA@mgsu.ru

²shatrovaan@mail.ru

Аннотация

Важной задачей при возведении зданий и сооружений является выбор наиболее рациональных решений с точки зрения организации и технологии строительного производства.

В настоящее время сложность и многообразие принимаемых организационных и технологических решений в динамике процесса возведения зданий и сооружений различного назначения требует проведения исследований.

С этой целью необходимо совершенствовать существующие или разрабатывать новые организационно-технологические решения, в условиях, когда ставятся задачи по увеличению роста ввода объемов жилищного строительства.

Перед авторами стоит задача, которая заключается в формировании комплексной системы, включающей в себя организационно-технологические решения, методы и оценку эффективности проведенного исследования.

Предполагается, что результаты проведенного исследования будут востребованы строительными организациями для сохранения конкурентоспособности, уделяя внимание организационно-технологическим решениям, как на стадии подготовки, так и в ходе строительства. Это позволит предотвратить убытки, повысит эффективное функционирование строительных организаций на рынке, укрепит их деловую репутацию.

Научная новизна заключается в формировании параметров и их классификации, методов моделирования организационно-технологических решений.

Для оценки организационно-технологических решений необходимо исследовать методы и способы их измерения.

В процессе исследования проведен анализ методов широко применяемых в настоящее время для качественной и количественной оценки организационных и технологических решений. Методы качественной оценки позволяют раскрыть значение тех или иных факторов какого-либо явления через анализ компетентных мнений. В случае изучения влияния организационно-технологических решений на строительные процессы отсутствуют измеряемые физические параметры, объекты недоступные восприятию и большие объемы статистических данных.

В статье сделан вывод о том, что эмпирические, теоретические и количественные методы сложно подходят для исследования, выбранного авторами. Поэтому авторами настоящей статьи в качестве метода исследования был выбран метод Монте-Карло (ММК) - группа численных методов для изучения случайных процессов. Также, в работе выявлен вектор дальнейших исследований.

ВВЕДЕНИЕ

Под организационно-технологическими решениями (ОТР) понимается совокупность мероприятий (организационных, технических, технологических), направленных на достижение конечного результата - ввод в эксплуатацию объекта согласно установленным срокам и требуемому качеству [1].

Основные организационные и технологические решения разрабатываются перед началом проектирования строительного производства (см. таб. 1). Для этого необходимо получение комплексной информации технического и прочего характера о будущем объекте строительства.

В связи со сложной ситуацией наблюдаемой в строительной отрасли страны, можно сделать вывод, что в большинстве случаев разработанные решения и комплексы мероприятий, которыми можно руководствоваться, оказались недостаточно эффективны.

Таблица 1. Выбор организационных и технологических решений для строительного производства.

Анализ исходных данных	Выбор возможных технологических и организационных методов возведения зданий и сооружений	Окончательный выбор решения на основе вариантного сравнения
1.Инженерно-геологические изыскания	1. Сложившиеся методы	1. Техничко-экономическое обоснование выбранных вариантов
2.Климатические изыскания	2. Прогрессивные методы возведения зданий и сооружений	2. Сравнение технико-экономических показателей по предлагаемым вариантам
3.Производственные изыскания	3. Возможность внедрения новых методов строительства	
4.Архитектурно-строительные решения		

Принятые решения должны способствовать повышению эффективности, качества и технологичности законченной строительной продукции, и наиболее рациональному использованию возможностей факторов производства.

Несмотря на существование определенных этапов выбора рассматриваемых вариантов, возникают сложности с принятием рациональных организационных и технологических решений по возведению зданий и сооружений. Это обусловлено, в первую очередь, ограниченным количеством вариантности и малообъективным подходом к сравнению используемых вариантов[2-4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки организационно-технологических решений необходимо исследовать методы и способы их измерения. В процессе исследований проанализированы методы, которые являются наиболее целесообразными в случае оценки ОТР [5-6]:

1. Перспективными представляются **методы оптимизации**, в частности методы оптимизации задач большой размерности, которые успешно применяются при доступности всей необходимой информации. Основной проблемой использования методов многокритериальной оптимизации, в частности **методов построения множеств Парето** или **методов уступок**, при решении задач, допускающих формализацию ограниченного числа параметров, также является проблема взаимного соотнесения различных критериев.

2. Ранжирование критериев по значимости может быть достигнуто **экспертными методами, например, методом Дельфи**. Полученные в процессе опроса экспертов результаты подлежат математическому анализу, в ходе которого будет установлена корректность собранных данных путем определения степени согласованности мнений экспертов[7].

3. **Методы имитационного моделирования** хорошо работают со сложными системами при наличии всей требуемой информации. При неполноте и нечеткости исходных данных возникающие ошибки могут значительно исказить результаты моделирования.

4. Специфическая деятельность с определенным набором правил и используемых инструментов могут быть смоделированы при помощи **методов теории игр**. Однако существует целый ряд проблем, связанных с трудоемкостью сбора и обработки информации, а также принципиальной возможностью отразить этим методом всю глубину и многоплановость процессов.

5. **Экспертные системы или методы искусственного интеллекта** успешно применяются в относительно стабильной среде либо при работе с динамично меняющимися, но стандартизированными ситуациями.

6. При моделировании поведения внешней среды предприятия могут быть рекомендованы **методы построения динамических макромоделей**.

7. В **теории планирования эксперимента** область векторного пространства представлена совокупностью факторов, имеющих случайный характер и существенно влияющих на исследуемый объект. Объектом исследования в данном случае выступает строительное производство, рассматриваемое в виде кибернетической системы «черный ящик» [8].

8. Для рассмотрения и определения доверий, **теория Свидетельств Демпстера-Шафера** обычно комбинируют различные функции доверия, вычисляя суммы их базовых вероятностей по правилу Демпстера [9].

Если текущие свидетельства ведут к множественным довериям относительно одних и тех же гипотез, то доверия необходимо комбинировать для получения общего доверия к гипотезам.

Имея свидетельства задаем множеством, определённых на фрейме различения, базовых вероятностей m_1 , то есть

$$\{m_1(M_i), \forall M_i \in \Theta\} \rightarrow Bel_1$$

это и позволяет определить доверия к тем или иным гипотезам.

Таким образом, авторами рассмотрены методы для оценки ОТР, представляющие собой достаточно эффективные инструменты.

9. Методы Монте-Карло (ММК) - группа численных методов для изучения случайных процессов. Суть метода Монте-Карло заключается в следующем: процесс моделируется при помощи генератора случайных величин. Это повторяется много раз, а потом на основе полученных случайных данных вычисляются вероятностные характеристики решаемой задачи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, рассмотренные авторами **Методы Монте-Карло (ММК)**, представляют собой достаточно эффективные инструменты и позволяют раскрыть значение тех или иных факторов какого-либо явления через анализ компетентных мнений, учитывая отсутствие измеряемых физических параметров, объекты недоступные восприятию и большие объемы статистических данных [10].

ВЫВОДЫ

Таким образом, был проведен анализ различных методов моделирования организационно-технологических решений, широко применяемых в настоящее время, для изучения их влияния на строительные процессы. Исследования предусматривают проведение целого комплекса мер, направленных на повышение качества производственной деятельности и технико-экономических показателей при возведении зданий и сооружений

В дальнейших исследованиях подход, изложенный в статье, может быть использован в методологии по формированию комплексной системы, включающей в себя организационно-технологические решения, методы и оценку эффективности проведённого исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лapidус А.А., Абрамов И.Л. // Устойчивость организационно-производственных систем в условиях рисков и неопределенности строительного производства // Перспективы науки. 2018. № 6 (105). С. 8-11.

2. Zhadanovsky B., Sinenko S. The methodic of calculation for the need of basic construction machines on construction site when developing organizational and technological documentation E3S Web of Conferences Ser. "High-Rise Construction 2017, HRC 2017" 2018. p 03077.
3. Oleinik P., Kuzmina T. Modelling the reduction of project making duration. MATEC Web of Conferences 2017. p 00129.
4. Ruben Kazaryan, Denis Pogodin, Anastasia Shatrova. Aspects of scheduling processes and results of the reorganization of projects in high-rise construction objects E3S Web of Conferences 97, 04002 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199704002>.
5. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) // Стройиздат. – 1974. - 252 с.
6. Чулков В.О. // Инфография как средство моделирования мыследеятельности индивидуума. В сборнике: Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности сборник докладов и материалов VI Международной научно-практической конференции. АНО ВО «Институт непрерывного образования». 2016. С. 17-29.
7. Олейник П.П., Шатрова А.И. Инновационные методы организации строительства // Технология и организация строительного производства. 2016. № 1. С. 18-20.
8. Абрамова А.И. К вопросу выбора мероприятий компенсационного характера при реализации инвестиционных строительных проектов // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 3 (105). С. 102-106.
9. Шатрова А.И., Рукосуева Е.А. // Организационно-технологические решения для эффективного планирования строительного производства в современных условиях // В сборнике: Дни студенческой науки Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 1311-1313.
10. Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. Методы планирования эксперимента и обработки данных: Учебное пособие. - М.: ФГБОУ ВО «СамГТУ», 2016. – 122 с.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

С.Б. Сборщиков, Р.Е. Введенский, И.М. Маркова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, markova@mgsu.ru

Аннотация

Возведение объектов капитального строительства, в том числе и объектов использования атомной энергии, характеризуется наличием большого количества возмущающих воздействий различной природы (технических, экономических, социальных), которые могут дебалансировать систему строительного производства и уже как следствие этого проявление негативных последствий – срыв сроков строительства, увеличение затрат, снижение качества строительной продукции.

В этой связи необходима действенная система, способная адекватно и своевременно реагировать на возмущающие факторы внешней и внутренней сред, а также приводящая ее в определенные рамки траектории развития инвестиционно-строительного проекта. В тоже время подобная система должна учитывать современные практики управления и передовые подходы к организации строительства, продиктованные научно-техническим прогрессом. Такими явлениями можно считать организационную и технологическую конвергенцию, инжиниринговую схему управления строительством, концепцию жизненного цикла зданий (сооружений). Их интеграция в едином построении позволяет предложить формирование на строительной площадке производственно-инжинирингового центра.

Предложенная организационная структура имеет в своей основе создание единой системы оперативного управления, включающей в себя следующие подсистемы: оперативно-производственного планирования, оперативно-диспетчерского управления и оперативно-производственного контроллинга. Основные задачи последнего: контроль на постоянной основе исполнения оперативных планов (заданий) и осуществление обратной связи с подсистемой оперативно-производственного планирования с целью корректировки (уточнения) оперативных планов, т. е. в том числе принятие оперативных решений (технических и управленческих). В статье приведены результаты исследования именно третьей составляющей предложенной системы – оперативно-производственного контроллинга.

ВВЕДЕНИЕ

Возведение объектов капитального строительства, в том числе и объектов использования атомной энергии, характеризуется наличием большого количества возмущающих воздействий различной природы (технических, экономических, социальных), которые могут дебалансировать систему строительного производства и уже как следствие этого проявление негативных последствий – срыв сроков строительства, увеличение затрат, снижение качества строительной продукции.

В этой связи необходима действенная система, способная адекватно и своевременно реагировать на возмущающие факторы внешней и внутренней сред, а также приводящая ее в определенные рамки траектории развития инвестиционно-строительного проекта. В тоже время подобная система должна учитывать современные практики управления и передовые подходы к организации строительства, продиктованные научно-техническим прогрессом. Такими явлениями можно считать организационную и технологическую конвергенцию, инжиниринговую схему управления строительством, концепцию жизненного цикла зданий (сооружений). Их интеграция в едином построении позволяет предложить формирование на строительной площадке производственно-инжинирингового центра (рисунок 1).

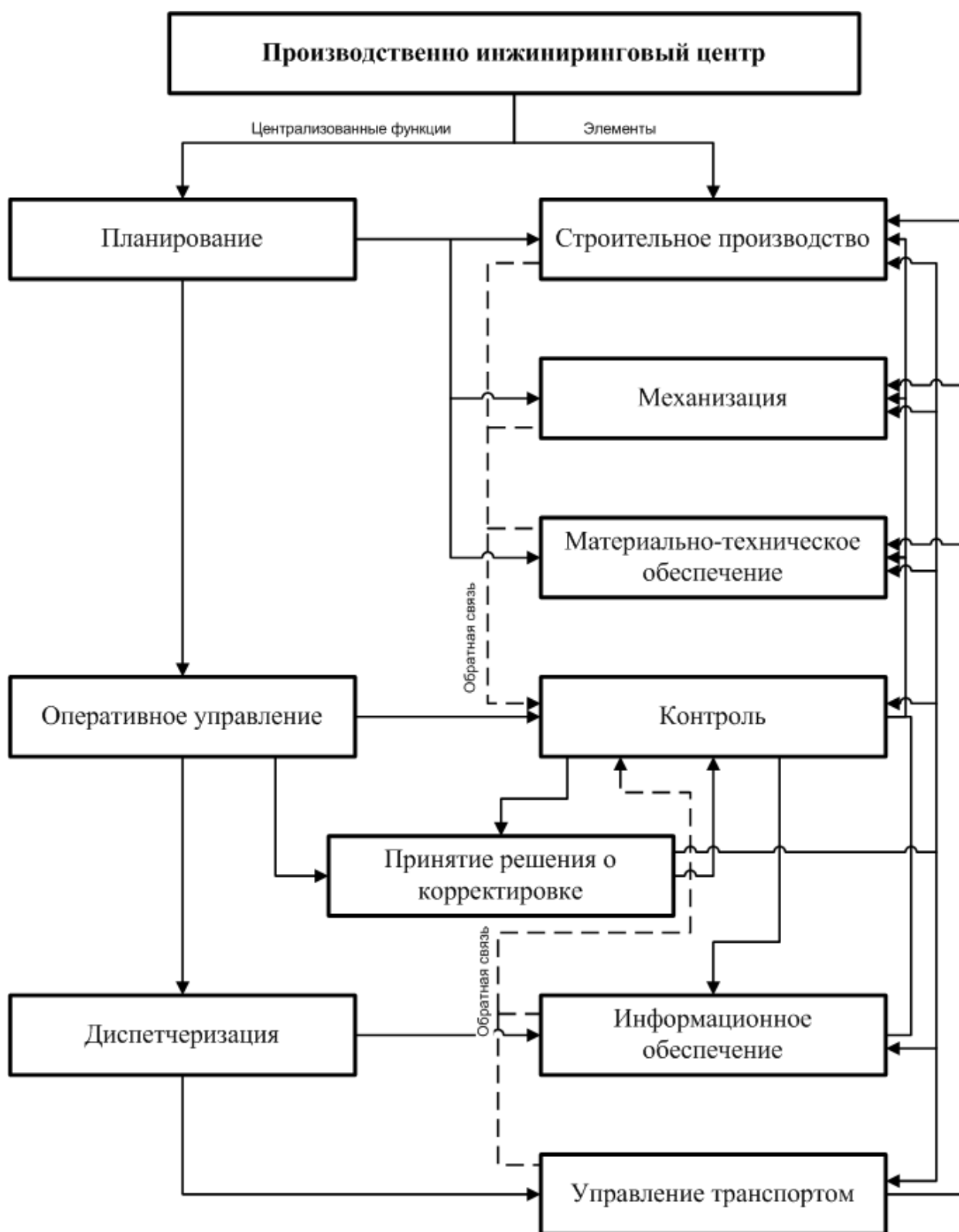


Рис. 1. Схема реализации основных функций производственно-инжиниринговым центром

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве отправной точки исследование служит постулат, что создание единой и эффективной системы оперативного управления, отвечающей современным вызовам

практики строительства, должна включать в себя следующие подсистемы (риунок 2):
оперативно-производственное планирование;
оперативно-диспетчерское управление;
оперативно-производственный контроллинг.

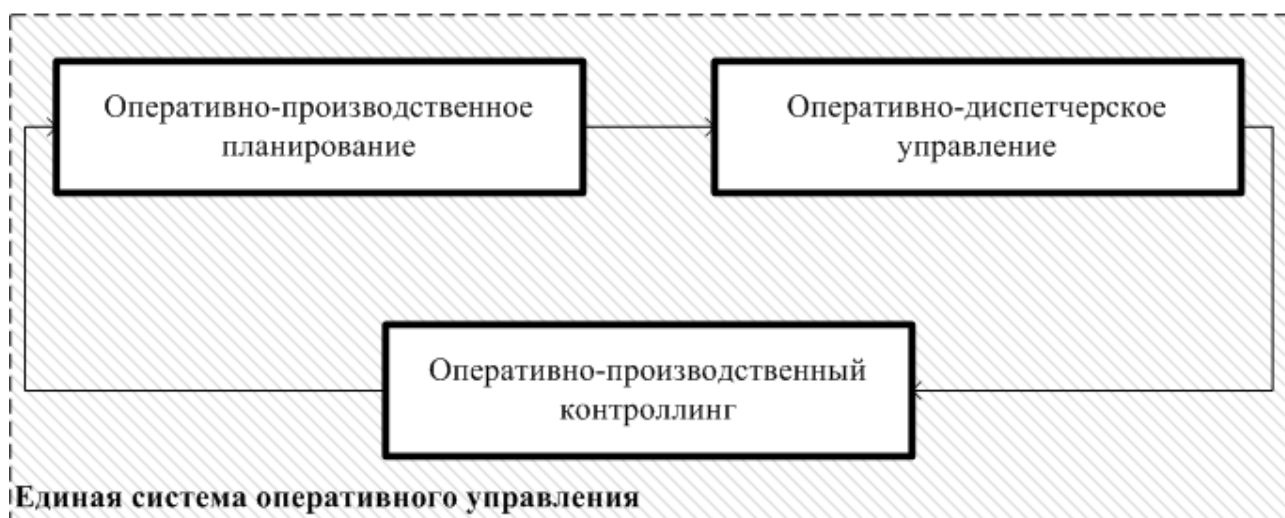


Рис. 2. Схема единой системы оперативного управления в строительстве

Основные задачи последнего: контроль на постоянной основе исполнения оперативных планов (заданий) и осуществление обратной связи с подсистемой оперативно-производственного планирования с целью корректировки (уточнения) оперативных планов, т. е. в том числе принятие оперативных решений (технических и управленческих).

Таким образом, можно отметить и функционально выделить две составляющие оперативно-производственного контроллинга:

оперативный контроль;
принятие оперативных решений.

Представляется необходимым также указать на определенную иерархичность подобных систем и связь с исследуемой подсистемы с подсистемой стратегического контроллинга, имеющую аналогичные составляющие. В этой связи, принимая во внимание указанную схожесть стратегического и оперативно-производственного контроллинга, а также специфику возведения технически сложных и уникальных объектов, можно предложить их интеграцию в единое организационное построение – интегральный контроль.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе организации оперативно-производственного планирования и одноименного управления, как в Российской Федерации, так и за рубежом лежат теория и практика календарного планирования, дополненные в последнее время парадигмой проектного управления. действующая структура управления проектами капитального строительства ГК «Росатом» представлена на рисунке 3.

В соответствии с данной парадигмой система управления строительным проектом представляет собой набор процессов и инструментов управления ресурсами, предназначенных для достижения целей строительного проекта. Неоднократно многими специалистами указывалось, что снижение рисков, в первую очередь, на стадии строительства, возможно при наличии участника реализации инвестиционно-строительного проекта, который берет на себя функции координатора работ всех участников возведения объекта. Подобным субъектом может выступать организатор строительства, которому делегируются функции, реализуемые на строительной площадке управляющим проектом, заказчиком, генеральным подрядчиком. Именно на основе принципов инжиниринга

возможно интегрирование данных функций и их эффективное выполнение.

Обособление организатора строительства определяет изменения в управлении инвестиционно-строительным циклом, а также трансформирует сферы компетенции субъектов инвестиционно-строительной деятельности на этапе строительства, что приведет к преобразованию схемы организации управления.

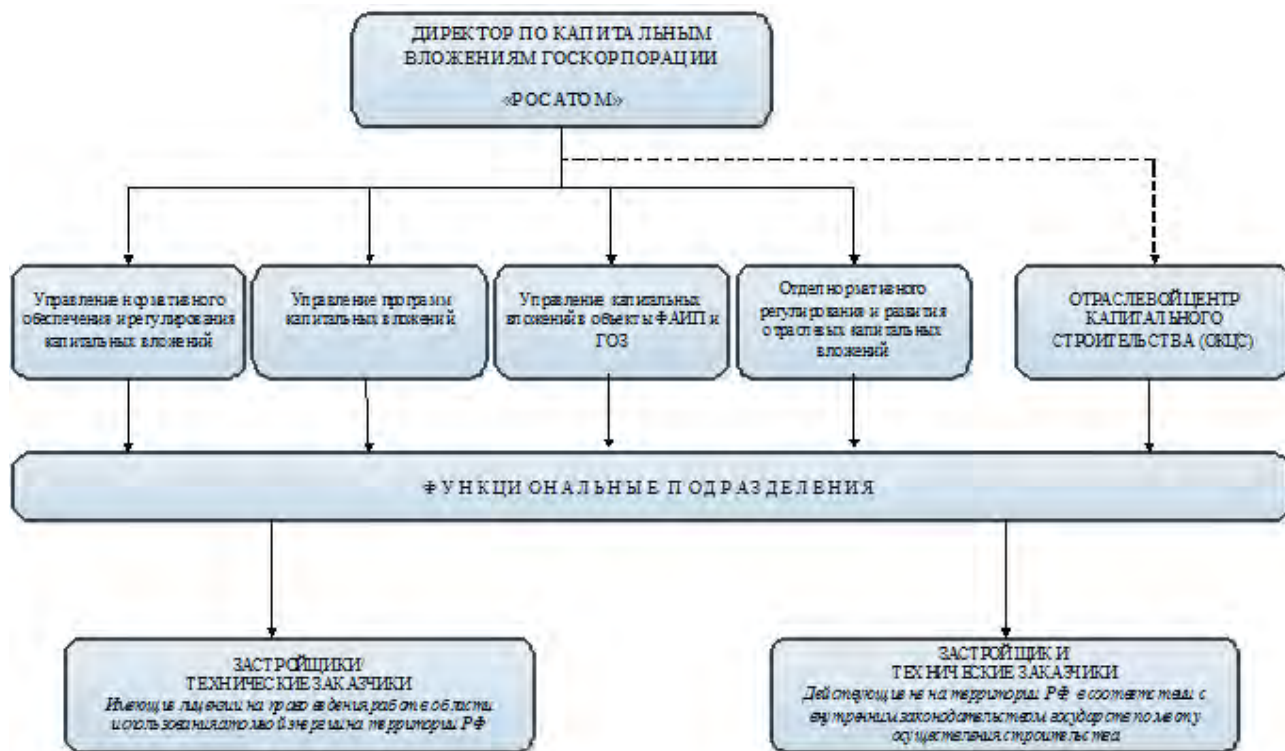


Рис. 3. Действующая структура управления проектами капитального строительства ГК «Росатом»

Традиционная (генподрядная) схема организации управления строительством под воздействием объективных факторов стагнирует, поэтому некоторые строительные компании, явно или неявно полностью, или частично переходят к инжиниринговой схеме.

Обособление организатора строительства, в качестве отдельного самостоятельного субъекта на уровне строительного объекта является важным элементом становления инжиниринговой схемы управления. В роли организатора строительства могут выступать как инжиниринговые компании, так и отдельные подразделения компаний-управляющих инвестиционно-строительными проектами или эксплуатирующих ОИАЭ, обладающие подобными компетенциями.

Принятие организатором строительства соответствующих тактических решений является центральным моментом в организации оперативно-производственного контроллинга. В этой связи одним из перспективных способов может стать применение методов оптимизации в сочетании с имитационными моделями.

Таким образом, задача формирования решений формулируется в следующем виде: при заданных значениях неконтролируемых факторов необходимо найти такие значения управлений из области их допустимых значений, при которых достигается максимум (минимум) по критерию оптимальности.

В этой связи, для решения задачи формирования календарного расписания, имеющего заданный уровень организационно-технологической надежности (ОТН), можно предложить метод улучшения плана по заданному критерию, который зависит от характера поставок ресурсов на объект.

ВЫВОДЫ

Процедура формирования календарного расписания выполнения комплекса строительного-монтажных работ с заданным уровнем ОТН может быть описано следующей последовательностью шагов:

Задается некоторое исходное календарное расписание.

Календарное расписание испытывается на локальное изменение ресурсов, которые *не выводятся за область исходных ограничений*.

Для заданного набора ресурсов определяются моменты их поставок.

4. Проверяется основное ограничение, в качестве которого рассматривается требование, что вероятность окончания комплекса работ в установленные сроки должна быть не меньше выбранного уровня надежности. Если основное ограничение выполнено, то в качестве календарного расписания берутся полученные значения. В противном случае величина последовательно уменьшается в два раза до тех пор, пока не будет получено значение, удовлетворяющее основному ограничению.

5. Проверяем условие окончания счета. Если соседние две итерации мало отличаются друг от друга, то счет прекращается, в противном случае возвращаемся к п. 2.

Модель может применяться как самостоятельно для исследования и оценки различных вариантов структуры календарного расписания строительного-монтажных работ, так и в качестве составной части математического обеспечения подсистемы оперативно-производственного контроллинга строительства объектов использования атомной энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборщиков С.Б. Логистика регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере (теория, методология, практика): дисс. ... д. экон. наук. Москва, 2012. 308 с.
2. Лазарева Н.В. Кластерная модель организации инновационной деятельности на корпоративном уровне в строительстве: дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2015. 185 с.
3. Гинзбург А.В., Шинкарева Г.Н. Обоснование эффективности инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : сб. мат. сем., проводимого в рамках VI Междунар. науч. конф. М. : МГСУ. 2018. С. 59–63.
4. Алексанин А.В. Особенности влияния внешних факторов на строительный объект // Научное обозрение. 2017. № 6. С. 12-15.
5. Жаров Я.В. Учет организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 83-85.
6. Силка Д.Н., Ермолаев Е.Е. Технологические платформы как инструмент расширения организационно-экономических пределов развития // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 1 (20). С. 33.
7. Журавлев П.А. К вопросу использования ресурсно-технологического моделирования при формировании инвестиционных программ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 198-201.
8. Журавлев П.А., Коченкова Е.М. Стадийность ресурсно-технологического моделирования по объектам капитального строительства при формировании инвестиционных программ // DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.76-80 Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С 76-80
9. Хрипко Т.В. Управление несоответствиями в условиях инжиниринговой схемы управления строительством // Академическая наука — проблемы и достижения : мат. IX Междунар. науч.-практ. конф. North Charleston, USA, 20-21 июня 2016 г. CreateSpace, 2016. С. 72–74.
10. Сборщиков С.Б., Маслова Л.А., Журавлев П.А. Реинжиниринг в строительстве // DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.71-76 Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С 71-76
11. Сборщиков С.Б., Маслова Л.А. Реинжиниринг объектов капитального строительства и реинжиниринг технологических процессов // DOI: 10.22227/1997-0935.2019.10.1321-1330 Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1321–1330.
12. Сборщиков С.Б., Маслова Л.А. Элементы информационно-аналитического обеспечения реинжиниринга объектов капитального строительства // DOI: 10.22227/1997-0935.2019.7.912-921 Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 7. С. 912–921.

ГИГНОМИКА В ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.А. Синенко¹, А.Ю. Славина², Б.В. Жадановский³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,

¹*sasin50@mail.ru*

²*SlavinaAY@mgsu.ru*

³*JadanovskiyBV@mgsu.ru*

Аннотация

Цифровизация в современном мире встречается практически в каждой сфере, в том числе в строительном производстве. Строительное производство имеет свои особенности, например, оно разбито на определенные этапы, следующие друг за другом в определенной последовательности. Каждый из этапов имеет внутри себя процессы, которые могут быть реализованы удаленно, с применением дистанционных и информационных технологий. Такие тенденции позволили сформировать новую социально-экономическую модель, получившую название «гигномика». Отличительной чертой гигномики является трансформация формата трудовых отношений, выбор в пользу частичной и кратковременной занятости. Развитие нестандартной деятельности, в том числе фриланса, все чаще встречается и влечет за собой изменение в каждом секторе экономики. Создаются кратковременные и постоянно действующие виртуальные команды, которые выполняют проект без территориальной привязки к конкретному рабочему месту. Проведенные исследования виртуальных команд показывают перспективность данного направления, а состояние рынка удаленного труда в России – необходимость реагирования на происходящие изменения в организации производства.

Ключевые слова: Гигномика, организация строительного производства, дистанционная работа, строительство.

ВВЕДЕНИЕ

Рынок труда в строительной отрасли сегодня требует гибкости в наборе персонала. Побеждают те производители, кто понимает важность адаптации предприятия к требованиям деловой среды, чему может способствовать разработка и внедрение инноваций, включенность всех ресурсов и усилий партнеров.

Человек на производстве всегда окружен определенной средой и техническими устройствами. Взаимодействие человека с техникой или средой является некоторым процессом, т.е. систематизирующим системообразующим фактором. В ходе процесса появляется информация, а сам процесс подлжит управлению со стороны человека. И для управления информацией не имеет значения где именно находится специалист, на первый план выходят знания и умения. Удаленное управление, контроль, создание продукта, передача информации – это атрибут современных организаций.

Проведено множество исследования удаленной деятельности и ее влияния на эффективность как организаций, так и сотрудников. Существующая на сегодняшний день тенденция перехода на удаленную или виртуальную деятельность коснулась, в том числе, и строительства. Это создает предпосылки для развития виртуальных форм. Например, организация производственных процессов в проектировании осуществляется в условиях САПР и может быть организована таким образом, что специалист может иметь любое территориальное нахождение. То есть, он выполняет свою работу виртуально, не имея физического рабочего места [1].

В таком формате может работать как отдельный сотрудник, так и отдел, и целая организация. Для примера можно рассмотреть программные продукты, используемые в проектировании, где территориальное нахождение работника не имеет значения:

- системы трехмерного проектирования - AVEVA E3D, Tekla Structures, REVIT;
- программы для выполнения расчетов (AspenONE, CHEMCAD, Robot, SCAD, Lira, СТАРТ, Гидросистема и т.д.);
- управление проектами (Primavera и Microsoft Project) и др.

На рисунке 1 представлен пример построения информационной системы для головного офиса, филиалов и строительной площадки.

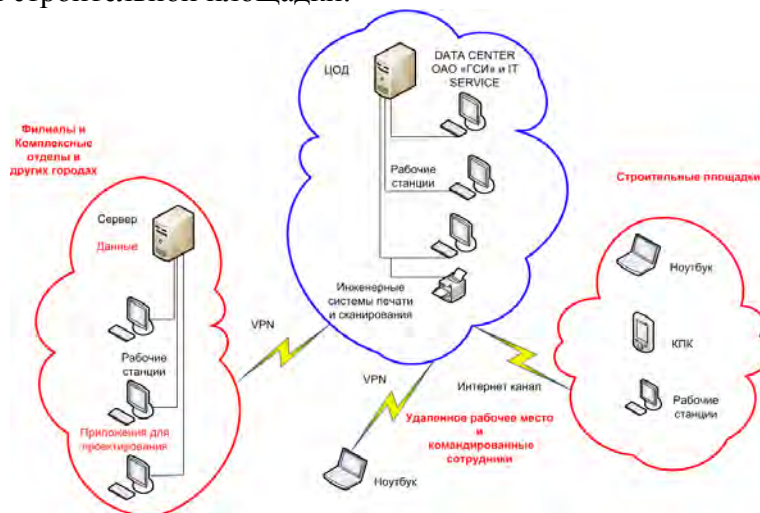


Рис. 1. Информационные системы проектной организации

В настоящее время гигиеника развивается благодаря современным представлениям об организации труда. Работающие специалисты хотят иметь больше контроля над рабочим временем. Развитие гигиеники напрямую связано с ростом популярности и признанием удалённой работы, как одной из форм организации производства и труда. Сегодня многие компании в строительстве предлагают формат домашнего офиса – удалённой работы. А некоторые, как медиапланер Buffer, управляют полностью удалённой командой. В целом удалённая работа даёт множество преимуществ, включая более высокую производительность труда и, как следствие, повышение удовлетворённости сотрудников.

Таким образом, гигиеника – это современная тенденция в строительном производстве представляет собой новый взгляд на рабочее место. Все больше организаций обращается к внештатным сотрудникам. Взаимодействие между участниками рабочего процесса основаны на проектной подходе и осуществляются через онлайн-платформу. Мобильные технологии, онлайн-платформы, облачные технологии сделали простым процесс передачи информации [4,5].

В организации строительного производства гигиеника должна коснуться всех аспектов деятельности участников возведения зданий и сооружений, всех этапов, начиная с проектирования, возведения и сдачи объекта в эксплуатацию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гигиеника в строительном производстве состоит из трех основных компонентов:

- наемные работники, которые получают оплату за выполненные задания или проектные решения. В этом и есть их главное отличие от работников, которые получают сдельную или почасовую заработную плату;
- свободный заработок;
- убероподобные сервисы.

Основными причинами такого быстрого широкого развития удаленной работы является сокращение денежных затрат на создание условий для работы, таких как: страхование жизни человека, медицинское страхование, выплата минимальной зарплаты и др. [2,3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С приходом в нашу жизнь Uber, AirBnB, BlaBlaCar и других сервисов в тренде совместного потребления - концепция ежедневной работы «с 9 до 5» в офисе претерпела изменения. Рабочее место может быть в любой точке, где есть доступ в сеть Интернет [7].

Одна из проблемных сфер — это строительство и ремонт. На сегодняшний день все больше владельцев недвижимости предпочитают самостоятельно выполнять ремонтные работы, либо обращаться через неофициальные источники для поиска строительных бригад. Такое состояние сложилось в последствии страха за качество выполняемых работ, переплату, которую сложно контролировать. Несмотря на то, что для выполнения работ привлечены специалисты, необходим контроль за процессом, что усложняет процесс принятия решений по тому или иному вопросу.

Часто можно встретить на рынке предложение отслеживать процесс ведения строительных и ремонтных работы с помощью фотографий. Например, сервис ремонтов под ключ “ТНОМЕР” позволяет при желании также отслеживать процесс в режиме реального времени. В то же время за рубежом строительный бизнес предложил автоматизацию не только в сегменте B2C (взаимодействия между организацией и потребителем). Шведская компания NCC разработала приложение Loop Rocks для быстрых сделок на вторичные строительные материалы: с его помощью можно оперативно отслеживать спрос и предложение на материалы-отходы, остающиеся на строительных площадках (это может быть, например, грунт или щебень) [6].

Если рассмотреть отечественный опыт, тут можно выделить опыт девелоперской группы ПИК. На данный момент ПИК является одним из крупнейших в России застройщиком жилья, реализуя множество проектов и площадок по всей стране. Компанией начато тестирование новой технологическую платформу «ПИК.Про», цель которой объединить мастеров-строителей с подрядчиками. Функционал платформы описывается следующим образом: мастера получают задания через приложение, а подрядчики после выполнения работ только проверяют их качество.

Сейчас платформа уже доступна мастерам, которые выполняют работы на объектах группы ПИК, на «ПИК.Про» зарегистрированы более 400 рабочих. Но компания не исключает её масштабирования для нужд сторонних подрядчиков в будущем.

Управление всеми процессами на стройке осуществляется через приложение на телефоне, без посредников и прорабов. Подрядчик занимается только снабжением и контролем качества. Таким образом, мастера могут работать самостоятельно, а не только в составе бригады.

Процедура заказа проста – исходной информацией является указанные параметры и оплата, а качество после выполнения проверяет представитель подрядной организации. Для того, чтобы рабочие могли легально работать и платить налоги, они должны быть оформлены как самозанятые. Только после этого они могут работать с данной платформой.

Такой формат работы и является последствием уберизации. По сути, процесс уберизации представляет собой замену отношения «начальник – подчинённый» на прямые рыночные горизонтальные отношения «заказчик – непосредственный исполнитель» [7].

Уберизация не остановилась на такси, как может показаться обывателю, она захватывает все новые и новые рынки. Аренда недвижимости стала коньком компании Airbnb. Не имея своих площадей, оборот компании достигает сотен миллионов долларов. А сервис поиска попутчиков компания BlaBlaCar захватил такую долю рынка, что приводит в ужас межгородских авто- и ЖД перевозчиков по всему миру.

Бизнес модель строительного «убера» от компании ПИК несмотря на многие ограничения вполне может оказаться работоспособной. Плюсом так же может являться отсутствие асимметрии информации между заказчиком и производителем работ и возможность четко передать требования к работе в рамках рабочей документации. Точками преткновения может стать сложность контроля качества выполнения работ и кратковременность взаимодействия заказчика и исполнителя, предполагаемая моделью «убер», что вкуче может крайне негативно сказаться на результатах и привести к большим издержкам по сравнению с классической иерархической моделью взаимодействия [6].

Если рассматривать существующие риски при создании виртуальных рабочих мест и перевода работы в информационное пространство, к слабым местам можно отнести зависимость от кадрового состава и существующих информационных технологий.

ВЫВОДЫ

Для того, чтобы строительным организациям оставаться конкурентоспособными необходимо следить за современными тенденция и реагировать на происходящие в мире изменения. Использовать зарубежный опыт, масштабировать эффективные технологии, адаптировать имеющиеся системы с учетом цифровизация и виртуализации рабочих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sinenko S., Slavina A. Performance indices of project companies' virtual divisions in the construction in CAD conditions // MATEC Web of Conference – 2017. –106, 08019. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710608016>.
2. Синенко С.А., Славина А.Ю. Повышение эффективности работы подразделения проектной организации на базе виртуальной среды // БСТ: Бюллетень сроительной техники. – 2018. – № 4(1004). – С. 48-49
3. Славина А.Ю. Виртуальная структура в проектном отделе строительной организации // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 2(80). – С. 33-35.
4. Славина А.Ю., Синенко С.А. Некоторые проблемы виртуальных подразделений проектных организаций// Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1(91). – С. 49-51.
5. Славина А.Ю., Терешенко Д.Б., Жумаев М.З., Чадкина Я.А. Удаленная работа в проектировании строительства // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 2(92). – С. 138-140.
6. Сафиуллина А.М. Uber бизнес-модели электронной коммерции// Экономический вестник, 2017. –№3.
7. Средства массовой уберизации. Kommersant.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2924107>.

ПРИМЕНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ

М.А. Степанов, Н.Н. Шахов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Stepanov@mgsu.ru

Аннотация

В данной статье выполнен обзор и анализ строительных манипуляторов для штукатурных работ. Строительные автоматизированные комплексы давно применяются в машиностроении, но в строительстве широкого распространения они не получили. Основной причиной такого положения является отсутствие разработанной технологии применения роботов и разработки самих роботов, обеспечивающих качественное производство работ. В настоящее время нет в России исследований по созданию роботов-манипуляторов для штукатурных работ. Использование импортного оборудования для производства штукатурных работ существенно удорожает строительство. Рассмотрены особенности применения различных роботов-манипуляторов для штукатурных работ. Выявлены основные преимущества и недостатки использования роботов-манипуляторов для штукатурных работ по сравнению с традиционными методами нанесения штукатурного раствора. Рассмотрены особенности конструкций манипуляторов для штукатурных работ. Приведены основные типы конструкций манипуляторов. В статье делается вывод о необходимости создания отечественных роботов-манипуляторов в рамках импортозамещения.

ВВЕДЕНИЕ

С начала 21 века наблюдается бурное развитие технологий в области роботизации и автоматизации. Различные автоматизированные комплексы, оснащенные манипуляторами, уже широко очень применяются в машиностроении, а с недавних пор находят применение и в строительстве – в качестве машин для погрузочно-разгрузочных машин, машин для монтажных работ и для проведения отделочных работ. Именно в этой части строительства, где все еще велика доля ручного труда, применение различных манипуляторов, в частности дистанционно управляемых, позволяет добиться наибольшего экономического эффекта. Внедрение манипуляторов не только позволяет сократить объемы ручного труда, но и повысить производительность и безопасность работ, что позволит увеличить темпы строительства [1]. Исследованию применения роботов-манипуляторов в строительстве рассмотрены в работах [2,3]. В данной статье рассматриваются особенности применения роботов-манипуляторов для штукатурных работ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Внедрение современных строительных манипуляторов в различные отрасли строительных работ идет различными темпами, в зависимости от тяжести и количества работы. Однако в сфере отделочных работ внедрение манипуляторов идет крайне медленно. Связано это с высокими требованиями к качеству производимых работ и с работой в замкнутых пространствах. Наличие компактных и качественных манипуляторов для штукатурных работ может существенно повысить производительность, безопасность, свести к минимуму количество ручного труда, заменяя его машинным [4].

Основными преимуществами строительных манипуляторов для штукатурных работ являются:

- Высокая производительность – от 250 м² отделанной поверхности в день (ручная отделка до 25 м² в день);
- Высокая интенсивность работ, робот сам наносит раствор и затирает его;
- Постоянство качества работы;
- Минимально число работников (2 человека обслуживающего персонала);
- Минимизация стоимости труда
- Повышенная высота нанесения раствора (до 5 м) без необходимости возведения строительных лесов

Но при всех достоинствах данных манипуляторов есть и существенные недостатки, а именно:

- Необходимость готовить раствор и загружать в бункер вручную;
- Необходимость наличия источника электроэнергии для подключения установки;
- Невозможность работы со сложными траекториями стен;
- Сложность работы на лестничных маршах;
- Высокое требование к качеству готовой смеси
- Невозможность работы при высоте больше 5 метров из-за деформации направляющих

При этом манипулятор для штукатурных работ имеет смысл приобретать фирмам или строителям, так как при высокой стоимости установки она окупается за счет экономии на рабочем персонале и более высокой производительности работ, что позволяет расширить количество строительных объектов для предоставления своих услуг за короткий промежуток времени. Из этого следует, что покупка данного манипулятора для разовой отделки помещения или здания не имеет особого экономического смысла [5].

Обычные штукатурные станции всех типов разбрызгивают готовую смесь на стены, после чего ее вручную разравнивают рабочие. Основным преимуществом перед ручным методом является сокращения объема физического труда, так как сама смесь тяжелая то нанесение ее с помощью штукатурной станции существенно облегчает процесс работ для штукатурщиков [6]. Строительный манипулятор для штукатурных работ же накладывает смесь на стену равномерным слоем с последующим разглаживанием. Это существенно повышает скорость отделочных работ по сравнению с ручным способом и с помощью нанесения штукатурной станцией. Сама установка представляет собой бункер с конвейерной лентой, в который рабочие кладывают готовую смесь, узел с металлическим листом (правилом), на который подается смесь. Данный узел поворачивается под разными углами в зависимости от необходимой функции – нанесение смеси на стену или выравнивание уже нанесенной смеси на стене [7]. Так же в данном узле присутствуют вибромоторчики для создания вибраций, позволяющих более качественно утрамбовывать смесь на стене. Также с обеих сторон узла имеются ограничители подачи смеси, придания нанесенной на стену смеси ровного профиля. Опирается бункер на две металлические направляющие, упирающиеся в потолок. Гидроупоры, для опирания направляющих в потолок. Электрический двигатель, приводящий в движение ленту конвейера и для перемещения бункера со смесью по направляющим. Сама машина стоит на четырех колесах для перемещения ее вдоль стены или в помещении, что позволяет перемещать установку в собранном виде одному человеку.

Управление установкой осуществляется с помощью панели управления на боковой стенке бункера или с помощью пульта дистанционного управления (у более поздних и дорогих моделей). Сами кнопки следующие:

- Включение - выключение конвейерной ленты
- Включение – выключение вибромоторов правила;
- Экстренная остановка установки;
- Режим автоматической работы машины;

Режим холостого хода, позволяющий поднять или опустить установку на необходимую высоту

В данный период времени насчитывается всего 3 основных вида штукатурных манипуляторов:

Компактная модель без бункера и конвейерной ленты (рис.1), где есть только правило, куда сразу накладывается смесь. Основным преимуществом является компактность, возможность работы в помещении с большим количеством углов. При этом от оператора требуется повышенная физическая активность, связанная с постоянным накладыванием смеси на правило;



Рис. 1 Робот-штукатур компактная модель

Стандартная модель с наличием бункера и лентой (рис2);



Рис. 2 Робот-штукатур стандартной модели

Модель для промышленных зданий с увеличенной шириной правила (рис3). При этом возможны различные вариации исполнения с наличием бункера или без.

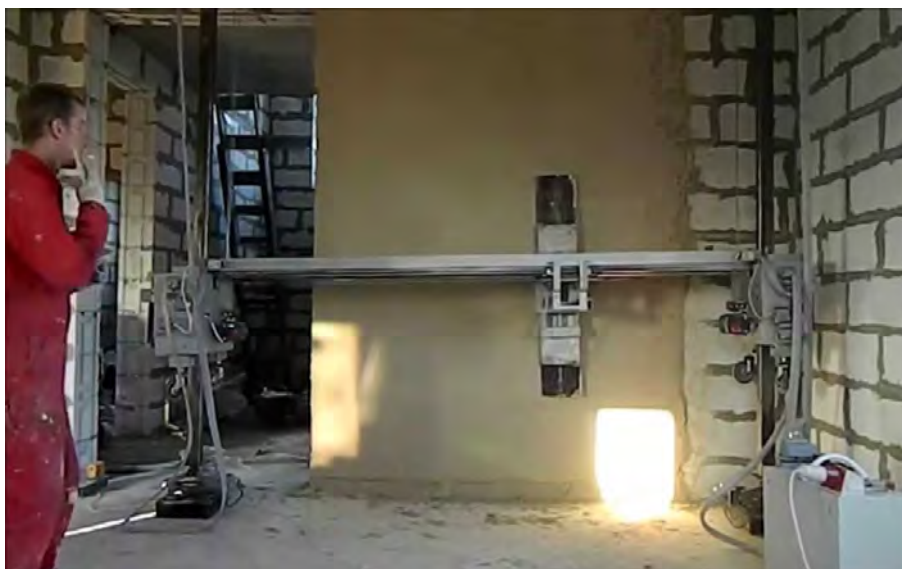


Рис. 3 Робот-штукатур промышленный без бункера

ВЫВОДЫ

В технологически развитых странах повсеместно ведутся исследования и создания различных строительных манипуляторов для штукатурных работ с целью повышения качества производимых работ и уменьшения габаритов исходной установки. К сожалению, в этом смысле малочисленные отечественные установки во всем копируют зарубежные аналоги, не пытаясь создать что-то новое или существенно модернизировать существующее. В существующем экономическом плане и возможными санкционными проблемами жизненно необходимо разрабатывать импортозамещающие установки для поддержания российской промышленности.

В заключении следует отметить, что разработка строительных манипуляторов для штукатурных работ имеет большое значение в существующих реалиях. Высокие темпы строительства жилых домов и производственных помещений, реновация, повсеместное строительство торговых центров, школ, больниц и детских садов требуют высоких темпов и объемов работ и повышенного качества выполняемых проектов, что способствует повышенному спросу на различного вида строительные манипуляторы, в том числе и на манипуляторы для штукатурных работ. Следуя этим тенденциям, разработка и усовершенствование новых и существующих установок должно иметь высокий приоритет в изучении и проектировании в строительных вузах. Это позволит сократить разрыв с зарубежными компаниями и создавать конкурентные модели манипуляторов, ничем не уступающие им в качестве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механизация строительства [Электронный ресурс] .— : Креативная экономика .— 2017 .— №12 .— 68 с.
2. Stepanov M.A., Gridchin A.M Perspectives of construction robots. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment. 2018. С. 04212
3. Stepanov M.A., Ilukhin P.A Features and perspectives of automatized construction crane-manipulators IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 4. Сер. "4th International Conference on Advanced Engineering and Technology, ICAET 2017" 2018. С. 012039.
4. Шепелев А.М. Штукатурные работы. Учебник для профессионально-технических училищ и подготовки рабочих на производстве. Издание 7-е. «Высшая школа», 1973. – 336с.
5. Свод правил СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия» СНиП 3.04.01-87 ГОСТ 3241-91
6. Завражин Н.Н. Штукатурные работы высокой сложности – Издательство Академия ИЦ, 2010- 178с
7. Шарапов Р.Р., Кабанов С.Ю., Золотарев О.В. Машины непрерывного транспорта, учебное пособие – М-во образования и науки Рос. Федерации, Белгор. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 177 с

ПРОБЛЕМА СТРУКТУРИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ВИДОВ РЕОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

В.О. Чулков¹, Е.А. Евстигнеева²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*vitolch@gmail.com*

²*just.katherin@gmail.com*

Аннотация

В последнее десятилетие особо важную роль заняла проблема строительной реорганизации. Переустройство районов и восстановление зданий, снос построек с высокой степенью морального и физического износа, переселение населения в новое, более благоприятное жильё в новостройках, благоустройство территорий, развитие инфраструктуры – с 2017 года действует государственная программа «реновация». Но в науке задолго до появления реновации в нормативных строительных документах, реновация была одним из инновационных видов строительной реорганизации. В докторских советах НИУ МГСУ и ЦНИИОМТП был защищен ряд кандидатских диссертаций по строительному переустройству, в результате которых в науку были введены реновация, рекомпозиция, санация, ретривация, реверсация и др. Наравне с другими инновационными видами реновация составляла новый реляционный ряд в строительной реорганизации. Таким образом, с 2017 года изменилась структура инновационных видов, реновация, перейдя на уровень государственной регистрации, перестала быть частью реляционного вида. С научной точки зрения авторами предлагается модель строительной реорганизации, где реновация выступает в роли оболочки инновационных видов, а значит необходимо оценить взаимозависимость этих видов, их интегральное (или локальное) функционирование в среде в строительной реорганизации. В связи с чем появляется ряд вопросов, без ответов на которые невозможно будет создать базовую модель строительной реорганизации. Авторы рассматривают два критерия (эффективность и организационная надёжность), которые позволяют количественно оценить каждый инновационный вид строительной реорганизации. Предложены структура инновационных видов строительной реорганизации и модель систематизации инновационных видов по критериям эффективности и организационной надёжности, сформулирована проблема разграничения терминов «реновация» и «реконструкция».

Ключевые слова: реновация; строительная реорганизация; инновационные виды строительной реорганизации; структура реновации

Реновация как отдельное явление в социуме появилось в России с 2017 года, когда этот вид строительной реорганизации был официально признан в государственные нормативные документы в программе реновации города Москва. Нормативно- методологическую базу программы реновации в Москве активно разрабатывает Научно-проектный центр «Развитие города» [1]. Ранее в 1992-2002 гг. в научной школе Т.Г. Маклаковой [2-4 и др.] исследовали и моделировали процесс реновации, вкладывая в этот термин определённый смысл. Руководитель строительного комплекса Москвы и Московской области В.И. Ресин внёс этот термин в директивные документы правительства Москвы. В научной сфере с 1996 года термин реновация активно использовали в теории и практике инфографического моделирования цикла реорганизации представители научной школы «Инфографические основы функциональных систем, ИОФС» (В.О. Чулков, его единомышленники и ученики). Выполнены исследования совокупности инновационных видов строительного переустройства (рис.1) и строительной реорганизации (рис.2), где реновацию (наряду с

рекомпанацией, санацией, ретривацией, реверсацией и др.) рассматривали как равновероятные компоненты открытого множества инновационных видов строительной реорганизации [2-15 и др.].

За рубежом термин реновация (*renovation*) более ста лет употребляли в строительной сфере как синоним ремонта (в переводе в англ. «восстановление» «ремонт», «улучшение» и т.д.). А на стыке XX-XXI веков термин реновация термин был применён к проектированию в строительстве, а точнее к BIM-технологиям [16].

Вернёмся к выполняемым с 1996 года научной школой ИОФС исследованиям. Виды строительной реорганизации были систематизированы на классические и инновационные по критерию новизны [5; 12;13 и др.]. За классическими видами строительной реорганизации исследователи закрепили статус устоявшихся и нормированных видов (ремонт, реконструкция, реставрация). Инновационные виды представляют собой ряд новых ненормированных видов, существующих в практике строительного производства и сфере строительной науки (как говорят – «в жизни»), но не регламентированные полностью в действующих нормативных документах по строительству (реновация [6–8 и др.], рекомпанация (реструктуризация) [9 и др.], реверсация [10; 11 и др.], ретривация [12], реабилитация техническая (санация) [12–14 и др.], реиквипмент [15], релейфинг [18] и др.).



Рис.1. Строительное переустройство и его характеристики (Чулков В.О., 2005 г. [5]).

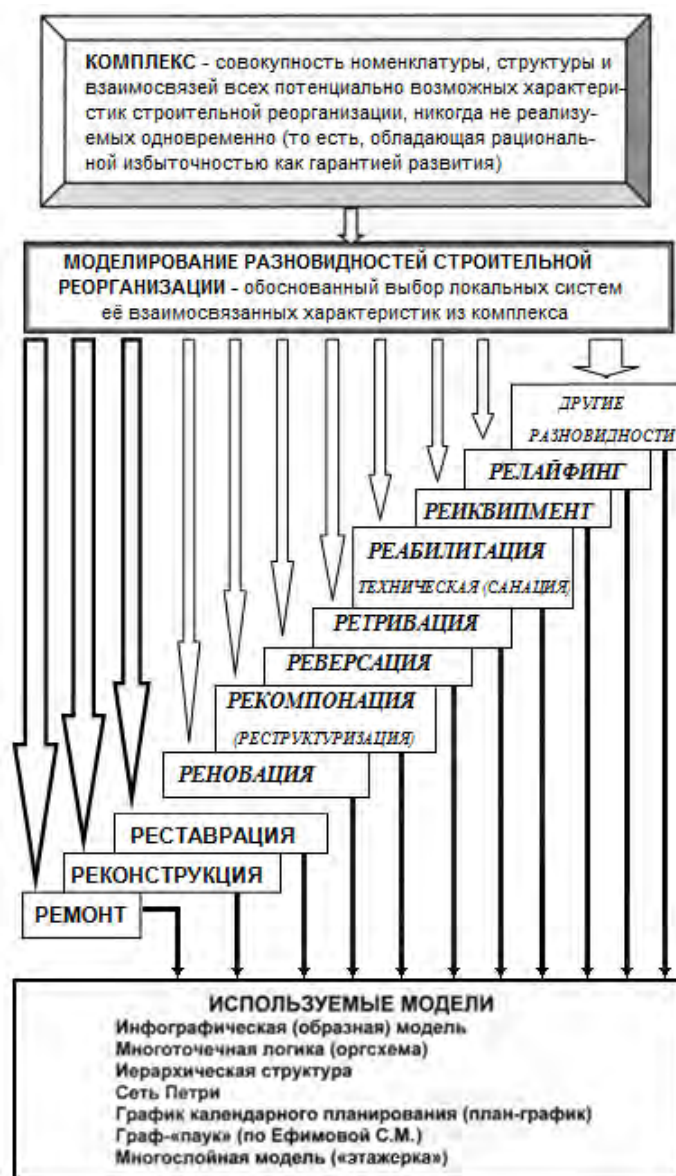


Рис.2. Классические и инновационные разновидности строительного переустройства (Чулков В.О., Евстигнеева Е.А., 2020 г.[18])

Инновационными разновидностями строительной реорганизации считают открытые множества сочетаний операций и процессов строительства, известные в классических видах строительной реорганизации и дополненные нововведениями, применёнными в строительной практике и современной науке. Результаты научных исследований инновационных разновидностей строительной реорганизации были защищены в диссертационных советах в 1996–2002 гг. в МИСИ-МГСУ и в 2001–2007 гг. в ЦНИИОМТП и утверждены ВАК РФ в составе диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата технических наук по строительному переустройству.

Таким образом, инновационные формы строительства были зарегистрированы на научно-техническом уровне, но не существовали как термины в государственных стандартах и нормативных документах.

Исследователями научной школы ИОФС [12;13 и др.] предложен критерий, по которому можно систематизировать виды строительного переустройства – объём потраченного функционально-технологического ресурса Φ_u , измеряемого в процентах. Критерий состоит из двух компонентов – ресурсный потенциал проекта и организационно – технологическая надёжность. Первый компонент является проектным значением, второй – фактическим,

отражающим результат использования потенциала. Соотношение компонентов данного критерия можно контролировать, осуществляя мониторинг на любом этапе процесса строительства или реорганизации объекта.

У каждого инновационного вида свой функциональный ресурс: для ретривации таким ресурсом была предложена площадь поверхности, выбранная для проведения отделочных работ. Такая площадь может быть как на внешней, так и на внутренней поверхности зданий, при строительстве или реконструкции. При наружной ретривации процент отделяемой поверхности составляет от 90 до 100, в связи с чем критерий функционального ресурса для ретривации был принят $\Phi_{И} > 90\%$.

Анализ статистических данных о функциональной деятельности современных организаций в сфере строительства в России дал возможность рассчитать $\Phi_{И}$ и для других видов строительной реорганизации, см. рис.3.



Рис.3. Классификация видов строительного переустройства по критерию $\Phi_{И}$ (Чулков В.О., Кузина О.Н. [12], 2010 г.)

Для классических видов: ремонт, реконструкция, реставрация, критерий $\Phi_{и}$ составил соответственно 15, 50 и 50 %. Для инновационных видов критерий функционального ресурса также был рассчитан [12] и составил для **ретривации** – $\Phi_{и} > 90\%$; для **реновации** – $\Phi_{и} < 85\%$; для **реверсации** – $\Phi_{и} > 85\%$; для **реабилитации** технической (санации) – $\Phi_{и} > 60\%$ и для **рекомпозиции** (реструктуризации) – $\Phi_{и} > 30\%$.

Сложнее ситуация обстоит с **релайфингом** и **реиквипментом** – особенностью данных видов является их зависимость от морального устаревания с позиции социума. К концу 2017 года исследования по данным видам были на завершающем этапе. В связи с изменением запросов общества и её различной интенсивностью значения $\Phi_{и}$ могут колебаться в пределах от 50% до 90%.

Определённые величины критерия $\Phi_{и}$ не закреплены, как и сами инновационные виды, в нормативных технических документах, тем не менее $\Phi_{и}$ для каждого вида классической и инновационной реорганизации позволяет определить приближённую область изменения значений $\Phi_{и}$ в строительной реорганизации.

Потребности инновационных видов могут быть обусловлены:

- запросами предприятий частного бизнеса, государственных учреждений, холдинговыми ассоциациями;
- изменениями конъюнктуры строительного рынка;
- развитием в сфере строительства инновационных технологий;
- многообразием участников, вовлечённых в процесс строительного производства (эксплуатирующие организации, организации научно-технического, транспортного сопровождения, поставщики строительных материалов и оборудования, строительные компании, проектировщики, заказчики и застройщики, инвесторы и девелоперы);
- инициатива собственников и пользователей строительных объектов.

Модель развития новой инновационной идеи и воплощение её можно охарактеризовать следующей последовательностью действий:

в зависимости от необходимости, выявляют составляющую известного вида строительной реорганизации;

для этой составляющей обозначают отдельный вид строительной реорганизации;

создание нормативно-технической базы для нового инновационного вида строительной реорганизации;

формируют отдельные бизнес-структуры для реализации строительных объектов данного вида или проводят внедрение инновационного вида на существующих объектах;

формируют концепцию реализации, создают типы организационно-технологических решений нового вида строительной реорганизации;

для будущего контроля реализации проекта нового вида создают нормы и требования к качеству и технологии производства работ.

Приведём несколько примеров: рекомпозиция это отдельная самостоятельная составляющая реконструкции – «перепланировка»; а реверсация – это составляющая ремонта «восстановление» при определённых условиях.

Такой алгоритм создания новых инновационных видов в строительной реорганизации на базе комплекса строительно-монтажных операций и процессов [12 и др.] позволяет определить среднюю комплексную потребность в строительных ресурсах, требуемых для реализации объектов согласно определённого инновационного вида строительной реорганизации на определённом объекте строительства.

Таковы были итоги исследований к 2017 году, проведённых в рамках научной школы «Инфографические основы функциональных систем», где были выявлены новые инновационные виды строительной реорганизации с равновероятной степенью использования в сфере строительства. Далее, с 2017 года была подготовлена и успешно реализуется в настоящее время государственная программа, которая закрепила один вид из

реляционного ряда видов строительной реорганизации на нормативно-техническом уровне – реновация.

Обеспечением теоретической и методологической основой реновации в Москве и Московской области активно занимается «Развитие города» - научно-проектный центр [1].

Так, приняв главенствующую позицию реновация теперь предлагается к рассмотрению авторами статьи как «оболочка инновационных видов. Заметим, что изменившаяся при этом структура строительной реорганизации ни в коей мере не умаляет значения каждого вида строительной реорганизации в отдельности.

Появилась аргументированная необходимость в исследовании реновации как оболочки, включающей в себя одну или несколько инновационных видов, необходимость нахождения взаимосвязей между ними и рассмотрения их совместной работы. На рисунке 4 отражена основная мысль новой структуры строительной реорганизации – разделение на классические и инновационные виды, с выделением в последних реновации как главенствующей.



Рис.4. Реновация-оболочка инновационных видов (Евстигнеева Е.А. [18]2020)

Более чем 100 лет за рубежом термин *renovation* активно использовался в сфере строительства. Особо ярко выражено направление функционального изменения исторических построек и территорий:

- перевоплощение парижского вокзала в музей Орсе;
- здания XIX века в Польше – в комплекс зданий для пожилых людей, с апартаментами и реабилитационным центром [17].

Подобная «реновация» не является исключением и для отечественной реорганизации. Миусское депо («конки», 1870 г.) в 2019_году было перепрофилировано в крупнейший ресторанный комплекс (рис.5). За последние 150 лет депо не первый раз меняет своё назначение: дело служило парком для конно-железнодорожной транспортной структуры, позже трамвайном и троллейбусным парком. В настоящее время это зона фудмолла с 70 ресторанами.

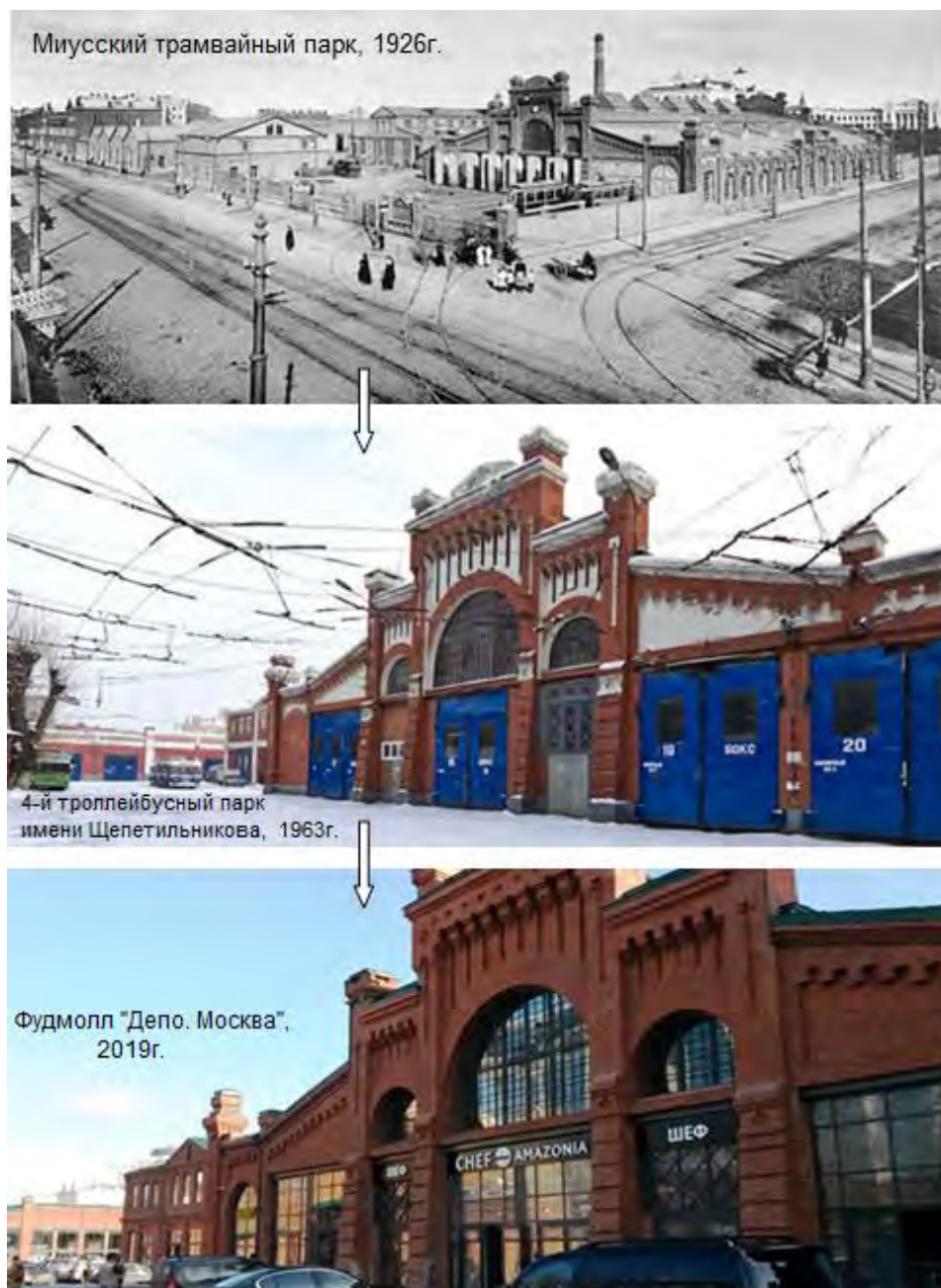


Рис.5. Многоэтапное перепрофилирование зданий конно-железной Миусской дороги («конки», 1870 г.) в фудмолл «Депо.Москва» (2019 г.). Москва, ул. Лесная, 20

Вторым примером проявления зарубежной реновации в России – реорганизация жилых зданий. Направление реновации достаточно вариабельно. Рассмотрим на примере Германии (на территории бывшей ГДР) несколько вариантов реновации, устраняющих физический и моральных износ зданий:

- изменение дизайна здания и усиление его несущих конструкций;
- перекомпоновка здания и его частичная разборка (рис.6);
- поэтапная разборка зданий и повторным использованием строительных отходов;
- демонтаж сносимого здания, по причине отсутствия возможности его разборки.



Рис.6. Частичная разборка и перекомпоновка здания при реновации (Германия)
(<https://realty.rbc.ru/news/58f8ca309a794725397842ee>)

При использовании перечисленных вариантов стараются свести к минимуму объемы строительных отходов, не пригодных к повторному использованию.

В настоящее время в России понятие реновации сопоставимо с полным разрушением здания, устаревшего морально и физически [1] – последний из вариантов, используемых за рубежом. Причиной такого «использования» реновации стали: сокращения сроков строительных работ, финансовых вложений, использования низкоквалифицированных рабочих. Критерий экологии при таком варианте реализации реновации на низком уровне. Выбирая полное разрушение здания вместо его разборки и сортировки строительного мусора, мы увеличиваем объемы захоронений на свалках.

Сформулируем ряд заключительных выводов.

В строительной практике, несмотря на отсутствие закрепления в нормативно-технической базе, неоднократно был реализован ряд инновационных видов (см. рис.2) на интуитивном уровне и за счет опыта функционирования процессов строительства. Классические виды (ремонт, реконструкция, реставрация) – в соответствии с нормативной документацией. Различие ремонта и реставрации очевидно: ремонт возвращает помещению/зданию первоначальный вид, в соответствии с предыдущим первоначальным или любым реализованным проектом, не меняя объемно-планировочные решения и технико-экономические показатели, реставрация в свою очередь выделяется специфичными материалами и технологией производства работ. При сложившихся обстоятельствах – закрепление реновации на государственном уровне, необходимо обозначить грань между реконструкцией и реновацией. На данный момент реновация предполагается как оболочка всех инновационных видов строительной реорганизации (см. рис.4).

Результаты исследования специфики каждого вида строительной реорганизации позволят создать функциональную модель взаимодействия составляющих видов строительного производства. Представив каждую строительную операцию как некую модель, наподобие создания СНИПов, возможно произвести расчёты и получить усреднённые значения качественных показателей реализации одного или нескольких видов. Так, заказчик с помощью описанной выше модели, заказчик сможет рассчитывать на повышение эффективности реализации проекта и на его организационную надёжность.

Как планировали изначально, реновация принесла бы только социальные эффекты, такие как повышение качества жилого фонда, переселение и другие. В процессе реализации проекта реновации на уровне с социальными начали появляться и экономические, макроэкономические, градостроительные эффекты [1, с. 182]. Такое обширное действие

реновации обусловлено вовлечением восстановления не только жилых зданий, но и прилегающей к ним инфраструктуре: озеленение районов, обеспечение транспортной доступности и т.д. Поэтому фактически программу реновации в Москве можно считать рассредоточенным процессом строительства, где могут быть вовлечены все инновационные виды строительной реорганизации, как минимум, и как максимум – проект, включающий экономические и градостроительные изменения.

В заключении, перечислим направления дальнейших исследований по теме строительной реорганизации:

- необходимо найти чёткую грань между понятиями реновации и реконструкции;
- создать структуру каждого инновационного вида строительной реорганизации;
- определить взаимодействие инновационных видов, возможность их совместной реализации в проектах реновации и реконструкции;
- сформировать перечень строительных операций для каждого инновационного вида;
- выделить область строительных операций, присущий любым видам строительной реорганизации;
- определить область строительных операций, являющихся особенностью каждого инновационного вида;
- синтезировать результаты исследования, оформить их в виде базы операций строительной реорганизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реновация. Крупномасштабный городской проект рассредоточенного строительства / Под редакцией И.Л. Киевского. – М.: ООО «Русская школа», 2018. – 194 с., ил.
2. Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Учебник для вузов. – М., Стройиздат, 1981. – 368 с., ил.
3. Маклакова, Т.Г. Реновация городской застройки, жилых зданий и комплексов. Учеб. пособие. – М.: МИСИ, 1993. – 81 с.
4. Маклакова Т.Г., Аксенова И.В. Реконструкция гражданских зданий. – Методические указания к выполнению курсовых работ по реконструкции гражданских зданий. Для студентов специальностей «Промышленное и гражданское строительство» и «Проектирование зданий», МГСУ, 2002 г. – 21 с.
5. Переустройство. Организационно-антропотехническая надежность строительства. Серия «Инфографические основы фундаментальных систем» / Под редакцией В.О. Чулкова. – М.: СВР-АРГУС, 2005. – 304 с., ил.
6. Чулков В.О. Системотехника проектирования и организации переустройства городских территорий (инфографические аспекты). – М.: Международный Межкадаемический Союз, 1999. – 103 с., ил.
7. Чулков В.О. Инфографическая модель цикла реорганизации. – Управление инвестиционно-строительным и жилищно-коммунальным комплексами: Международный сб. науч. трудов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Чулкова. – М.: МГАКХиС, 2010. – С. 394–409.
8. Киселев А.А. Выбор организационно-технических решений реновации территорий в условиях сложившейся городской застройки. – Управление инвестиционно-строительным и жилищно-коммунальным комплексами: Международный сб. науч. трудов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Чулкова. – М.: МГАКХиС, 2010. – С. 223–229.
9. Прыкин Б.В. Игра эффектов. Управление инновациями ради устойчивого самосохранения человека, общества, природы. – М.: Academia, 2007. – 344 с., ил.
10. Вейкум И.И. Автоматизированное проектирование интеллектуального мониторинга при переустройстве жилища. – Автореф. дисс. канд. техн. наук. – 05.13.12. – ЦНИИОМТП, 2001. – 19 с., ил.
11. Голубева Н.Н. Автоматизированное проектирование организации переустройства городских территорий с изменением их целевого назначения. – Автореф. дисс. канд. техн. наук. – 05.13.12. – ЦНИИОМТП, 2004. – 18 с., ил.
12. Чулков В.О., Кузина О.Н. Организационно-технологические критерии систематизации разновидностей строительного переустройства // Управление инвестиционно-строительным и жилищно-коммунальным комплексами: Международный сб. науч. трудов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Чулкова. – М.: МГАКХиС, 2010. – С. 410–426.
13. Журавлёва А.А., Чулков В.О. Анализ разновидностей строительного переустройства и их параметры // Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности. Сборник докладов и материалов Международной научно-практической конференции. Москва 3–5 декабря 2015 г. – М.: ИНО-ЦНИИ ЭиУС, 2015. – С. 256–262.

14. Чулков В.О., Шилина Е.Н. Проектирование жилой застройки в условиях реновации жилищного фонда с учетом организационных и технологических критериев // Вестник Евразийской науки, 2019 №2, <https://esj.today/PDF/104SAVN219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
15. Кузина О.Н. Реиквипмент (модернизация объекта) как часть функциональной системы строительного переустройства объектов. – Научный интернет-журнал «Мир науки», Выпуск 1, 2013. – 8 с.
16. Mitropoulos, P. and Howell, G.A. (2002) Renovation projects: design process problems and improvement mechanisms. – *Journal of Management in Engineering*. – Vol. 18, No. 4, pp. 179–185.
17. Реновация исторических зданий. Зарубежный опыт. – «Берлиоз», Интернет-журнал о дизайне и архитектуре. – <http://www.berlogos.ru/article/chast-2-renovaciya-istoricheskikh-zdaniy-zarubezhnyj-opyt/> Дата обращения 1.3.2020.
18. Евстигнеева Е.А., Чулков В.О. Реновация как оболочка множества инновационных видов реорганизации в управлении жизненным циклом объектов строительства // Вестник Евразийской науки, 2020 №2, <https://esj.today/PDF/68SAVN220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

Секция 4. Градостроительство. Архитектура. Экологическая безопасность строительства

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПЕРВОГО ПЕРИОДА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

И.В. Аксенова¹, М.Е.Подшивалов²

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

² ООО «Поле-Дизайн», 115419, г. Москва, 2-й Донской проезд, 9 стр.3,
maximpodshivalov@mail.ru

Аннотация

Значительная часть городского и поселкового жилого фонда РФ относится к периоду возведения 60-70-х годов XX века. В статье рассматривается актуальность обновления послевоенной жилой застройки городов и, особенно в *регионах страны*, методом *комплексной реконструкции*, обладающей широким спектром возможностей. Отмечается целесообразность распространения международного опыта применения в новом строительстве технологий с использованием современных конструкций на основе древесины на объекты, требующие проведения реконструкции. Это позволит более эффективно решать не только практические, но и экологические и архитектурно-эстетические задачи обновления существующей типовой застройки, повысить статус жилых зданий первого периода индустриального домостроения и снизить конечную стоимость реконструкции.

ВВЕДЕНИЕ

В послевоенные годы вслед за европейскими странами гражданское строительство СССР вышло на индустриальный уровень возведения жилых домов. За 10 лет (50-е...60-е годы) в стране произошел прорыв в разработке и освоении новых конструктивных решений, позволивший в рекордно короткие сроки и с минимальным уровнем затрат решать острую проблему нехватки жилых площадей. Физический износ конструкций типовых жилых зданий «первой категории капитальности» (несносимых серий), оценка которого выполнена на основе современных расчетов несущей способности железобетона, составляет порядка 20-30% [1]. Однако высокий уровень морального износа (более 80%) и безликая застройка микрорайонов требует проведение модернизации и реконструкции этого сегмента жилого фонда, что крайне важно в условиях дефицита территориальных ресурсов, пригодных для нового строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сегодня можно выделить три основные направления обновления жилой застройки первого периода индустриального домостроения, выбор которого зависит от возможностей конкретного региона. Это – *капитальный ремонт, реновация застройки и комплексная реконструкция*.

Капитальный ремонт не позволит принципиально изменить объёмно-планировочные и архитектурные показатели зданий, а застройка этих районов останется такой же безликой. *Программы реновации*, разработанные для многих крупных городов страны (Москвы, Санкт-Петербурга, Владивостока, Иркутской, Самарской и других областей), предусматривают: снос домов и строительство на их месте новых многоэтажных зданий, частичную реконструкцию сохраняемых объектов, а также мероприятия по обновлению среды

общественного пространства. Только снос здания и утилизация отходов составляет треть стоимости реконструкции, а при этом надо еще учитывать связанную с этим экологическую проблему [2]. В современных условиях отсутствия государственной финансовой поддержки для регионов такие мероприятия непосильны и подходят главным образом для столичных городов с высокой инвестиционной привлекательностью земель. Учитывая широкий диапазон возможностей по обновлению застройки, *комплексная реконструкция* жилого фонда, в условиях нехватки территорий для нового строительства, может рассматриваться как одно из важных направлений обеспечения граждан комфортным социальным жильём, как в регионах, так и центральных городах страны.

Приемы *комплексной реконструкции* содержат в себе широкий спектр возможностей по усовершенствованию объемно-планировочных параметров домов и пятиэтажной застройки целом, которые можно разделить на следующие группы:

- группа L - уплотняющие объем застройки (различного типа здания-вставки, пристройки, вторичная застройка, позволяющая увеличить высоту здания до 10-12 этажей);
- группа M - увеличивающие площадь и объем здания (надстройка в 1-2 этажа с опиранием на существующие конструкции, устройство мансард, уширение корпуса, фрагментарные пристройки);
- группа S - повышающие удобство проживания (преобразование балконов в эркеры, устройство лифтовых шахт, приквартирные дворы на первом этаже).

Использование рассмотренных приемов реконструкции позволяет придать фасаду новое объемно-пластическое композиционное решение или стилизовать с учетом архитектуры региона. Сегодня реконструкция жилых зданий в РФ выполняется с использованием железобетонных, каменных и металлических конструкций. Исключением является устройство мансард с деревянными стропильными конструкциями.

За рубежом на рынке недвижимости растет спрос на экологически чистые, экономичные и энергоэффективные решения. Изобретение водостойких полимерных и эпоксидных клеев, резко повышающих качество исходной древесины сегодня, позволило разработать современные технологии по внедрению в многоэтажное строительство (высотой в 12-15 этажей) клееных деревянных конструкций, качество которых постоянно совершенствуются. В ближайшее время деревянное домостроение может стать одним из самых перспективных направлений в строительстве [5, 6]. Это особенно актуально для стран, обладающих значительными лесными запасами.

Несмотря на схожесть климатических условий, Россия использует в строительстве в 20 раз меньше дерева, чем в Финляндии или Швеции и практически только в ограниченном сегменте частного сектора. Это объясняется существующими в РФ нормативными требованиями к строительству из дерева: высота здания не более 5 метров, площадь до 500 м². Однако следуя мировой тенденции по использованию экологически чистой древесины в многоэтажном строительстве, а также учитывая наличие огромного потенциала российского лесопромышленного комплекса, Минстроем РФ планируется расширить на 20% использование древесины в жилищном строительстве [7]. Внедрение новых технологий позволит повысить скорость возведения зданий благодаря высокой степени готовности заводских элементов и легкости монтажа. Сегодня ведется разработка новых сводов правил, учитывающих возможность применения современных конструкций из древесины, таких как CLT-панели (cross-laminated timber - многослойные клееные деревянные панели) и LVL-каркас (laminated veneer lumber - конструкции из клеёного шпона) и расширяется производственная база в регионах, богатых лесом [7]. Планируемая квота на внедрение таких конструкций на социальные объекты и расселение ветхого жилья составляет порядка 30%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение опыта использования новых технологий современных конструкций на основе древесины в новом строительстве, а также анализ их преимуществ позволяет распространить его на реконструкцию существующих объектов.

Конструкции из современной древесины обладают рядом существенных преимуществ [8]: *небольшая масса*, позволяющая использовать малую технику и незначительно увеличивать нагрузки на основание и фундаменты, что крайне важно при надстройках зданий; *высокие прочностные характеристики*; *низкая теплопроводность*; *огнестойкость* в диапазоне REI 30-120; *экологичность* материала. Возможность придания наружным конструкциям *атмосферостойкости* расширяет спектр архитектурных решений фасадов. А *высокая степень заводской готовности* конструкций позволяет проводить реконструкцию в короткие сроки, решая при этом не только практические, но и экологические и архитектурно-эстетические задачи обновления существующей типовой застройки. Все это позволит повысить статус и рентабельность типовых жилых зданий за счет их архитектурного новшества и снизить конечную стоимость реконструкции.

Сегодня в отечественной и мировой практике реконструкции жилой застройки на стадии проектирования и реализации существует пока незначительное количество примеров использования современных конструкций на основе древесины (см. рисунок). Однако у этого направления широкие возможности.

Архитектор – Никита Явейн

Расположение – Россия,

Санкт-Петербург

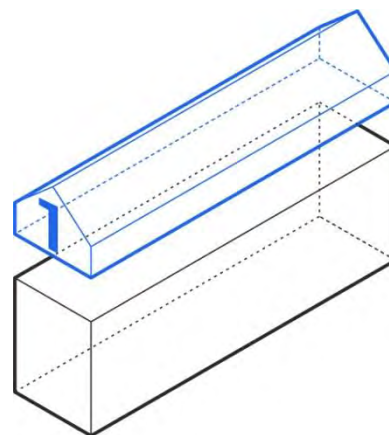
Год – 2006-2009

Назначение – офис

Материал – LVL

Статус – реализация

Элементы реконструкции – мансардный этаж



Архитектор – Shigeru Ban

Расположение – Швейцария,
Цюрих

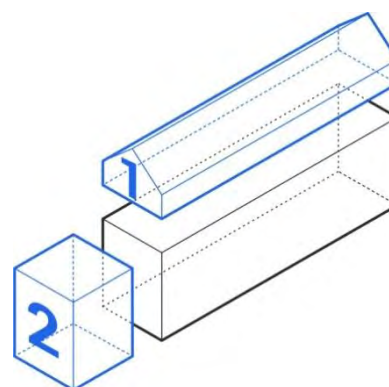
Год – 2009

Назначение – офис

Материал – LVL

Статус – реализация

Элементы реконструкции – мансардный этаж,
2 – торцевая пристройка



Архитектор – Robert Davidson
 Расположение – Англия, Камберуэлл
 Год – 2018
 Назначение – жилье
 Материал – LVL
 Статус – проект
 Элементы реконструкции – мансардный этаж, 2 – уширение корпуса

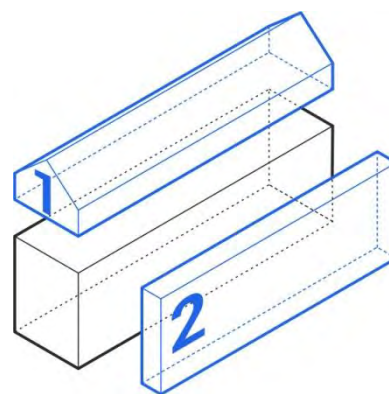


Рис.1. Примеры использования современных конструкций из дерева при реконструкции

ВЫВОДЫ

Приведение послевоенной индустриальной жилой застройки 60-70-х годов возведения в соответствие с современными нормами путем реализации программ реновации возможна только для столичных городов с высокой инвестиционной привлекательностью земель. Для регионов более экономически выгодным методом является комплексная реконструкция с широким спектром возможностей по усовершенствованию объемно-планировочных параметров пятиэтажных домов и застройки в целом.

Следуя мировой тенденции по использованию экологически чистой древесины в многоэтажном строительстве, а также учитывая наличие огромного потенциала российского лесопромышленного комплекса, сегодня в РФ ведется разработка новых сводов правил, учитывающих возможность применения современных технологий по использованию конструкций на основе модифицированной древесины и расширяется производственная база. Распространение опыта строительства многоэтажных зданий с использованием конструкций из древесины при реконструкции позволит расширить визуальное разнообразие существующей архитектурной среды массовой типовой застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольнсков В.Э. О необходимости модернизации пятиэтажного типового жилого фонда Российской Федерации / В.Э. Вольнсков // Academia. Архитектура и строительство, 2016. – с. 71-75.
2. Булгаков С.Н., Окупаемая реконструкция жилых домов первых массовых серий / Булгаков С.Н., Леонтьев В.В. - М: Издательство АСВ, 2018. - 246 с. - ISBN 978-5-93093-602-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936025.html> (дата обращения: 03.08.2020).
3. Глебушкина Л.В. Реконструкция жилой застройки: уплотнение или разуплотнение / Л.В. Глебушкина, Л.В. Перетолчина // Системы. Методы. Технологии., 2016 – №3 (31) - с. 182-191.
4. Реконструкция пятиэтажного жилого фонда первого этапа индустриального домостроения [Электронный ресурс]: Архитектурная мастерская Кротова А.В. Режим доступа: <https://www.akrotov.ru/blank-5> (дата обращения: 26.08.2020). – Текст: электронный.
5. Кобелева С.А. Перспективы деревянного домостроения / С.А. Кобелева // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2012.
6. Чебан А. Строительство деревянных небоскребов / А. Чебан // Здания Высоких Технологий. – 2016. - №1–с. 7-15.
7. Рынок деревянного домостроения: проблемы, возможности, перспективы / Ассоциация деревянного домостроения // ЛесПромИнформ, 2019 г. - №1 (139).
8. Технология многослойных клееных панелей [Электронный ресурс]: Новая эпоха деревянного строительства. Режим доступа: <http://crosslam.ru/tehnologiya-mnogosloynnyh-kleenyh-paneley>. (дата обращения: 12.08.2020). – Текст: электронный.

ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.В. Алексеев, М.А. Перекопская

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Сложившаяся система размещения и взаимосвязи поселений, население которых задействовано в лесопромышленном комплексе Архангельской области, не отвечает новым фактам и данным, изменившим представление об особенностях, специфике технологических процессов заготовки, обработки древесины, лесовосстановления и последовательности их выполнения.

Для внедрения современных научных достижений, подтвердивших свою эффективность в Швеции и Финляндии, необходима трансформация территориально-пространственной организации лесопромышленного комплекса Архангельской области, упорядочение системы расселения, установление функциональных границ отдельных его территорий.

ВВЕДЕНИЕ

Схема расселения, зависящая от размещения и вида производства, влияния социально-экономических факторов, формирует систему территориально-пространственных связей поселений, отражающих динамику численности и состава населения [1].

Это подтверждают периоды развития лесопромышленного комплекса Архангельской области. В советский период (1928 – 1987 гг.) её население увеличилось в 3,6 раза. С 1991 года наблюдается постоянное уменьшение населения, сократившегося к 2019 году в 1,4 раза. Наибольшее сокращение численности населения региона наблюдается в поселениях, специализирующихся на заготовке древесины.

Несоответствие задач развития лесопромышленного комплекса и сложившихся социально-экономических условий в Архангельской области сказывается на планировании территориальной системы расселения, актуальном для территорий с освоенными, осваиваемыми и планируемыми к освоению лесными участками.

Территориальным системам расселения посвящены исследования Г.М. Лаппо [2], П.М. Поляна [3], В.В. Владимирова [4], М.Я. Вильнера [5], И.В. Тонкого [6] и др. Системы расселения северных территорий, лесопромышленных районов рассматриваются в работах Н.Д. Еропкиной [1], В.В. Фаузера [7] и др. Вопросам рационального использования древесного сырья, технологии обработки и переработки древесины посвящены работы Т.В. Рыжковой [8], Л.П. Майоровой [9] и др.

Однако, обозначенные работы и другие исследования не дают ответа для решения проблемы сбалансированного развития системы расселения и лесопромышленного комплекса Архангельской области.

Поэтому для совершенствования территориального планирования, обоснованно регулирующего данные взаимосвязи, предложен подход к упорядочению системы расселения лесопромышленных территорий.

МЕТОДЫ

При проведении исследования использованы картографическая и демографическая информация, системный анализ градостроительного использования территорий лесопромышленного комплекса Архангельской области, логико-формальная модель формирования схемы расселения для оценки сформировавшейся системы размещения и взаимосвязи поселений, производства и трудовых ресурсов в границах рассмотренных

территорий, позволившие обосновать подходы к размещению предприятий и поселений лесопромышленного комплекса при территориально-пространственном планировании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всю территорию лесопромышленного комплекса Архангельской области условно можно разделить на освоенные и осваиваемые лесные участки и планируемые к освоению лесные участки, рисунок 1.



Рис. 1. Схема размещения лесопромышленного комплекса Архангельской области и подсистем расселения

Исходя из совокупности территорий, задействованных функционирующими лесопромышленными предприятиями, определены внешние границы данных территорий (рисунок 1).

Лесозаготовительная деятельность преимущественно ведётся на территориях Архангельской области с высоким запасом древесины и примыкающих к транспортным путям. Планируемые к освоению лесные участки определены Лесным планом Архангельской области до 2025 года [10]. Данные лесные участки сосредоточены в северо-восточной части Архангельской области.

Предприятия по переработке древесины сосредоточены в поселениях, обеспеченных трудовыми ресурсами, энергетической инфраструктурой и коммуникационными коридорами для сбыта готовой продукции.

Часть древесного сырья Архангельской области вывозится в Республику Карелия, для снабжения расположенного в городе Сегежа перерабатывающего комплекса (рисунок 1).

В границах Архангельской области региональная система расселения складывается из девяти подсистем, объединенных общностью хозяйственного использования территории, а также характером культурно-бытовых связей, сложившихся или формирующихся.

Подсистема расселения I сформировалась под влиянием функционирования стадий лесозаготовки и переработки древесины, подсистема II – в ходе развития лесозаготовительной деятельности, подсистема III – под влиянием функционирования стадий лесозаготовки и механической обработки древесины.

Подсистемы расселения IV, V и VI сформировались при развитии животноводства, рыболовства и оленеводства соответственно.

Подсистема расселения VII сформировалась в ходе развития центров судостроения, лесообработки и лесопереработки.

Подсистема расселения VIII сформировалась в ходе развития лесозаготовительной деятельности, иных отраслей (космической, сельскохозяйственной), а также создания крупных транспортных узлов Архангельской области.

Подсистема расселения IX сформировалась под влиянием функционирования стадий лесозаготовки и обработки древесины, а также сельского хозяйства.

В границах монопрофильных лесохозяйственных поселений подсистемы II наблюдается постоянное снижение их численности.

Для стабилизации условий развития производства, сохранения и совершенствования территориальной системы расселения, поддержания жизнеспособности поселений, учитывающей интересы людей, необходимо преобразование подсистем расселения и входящих в них типов поселений рисунок 2.

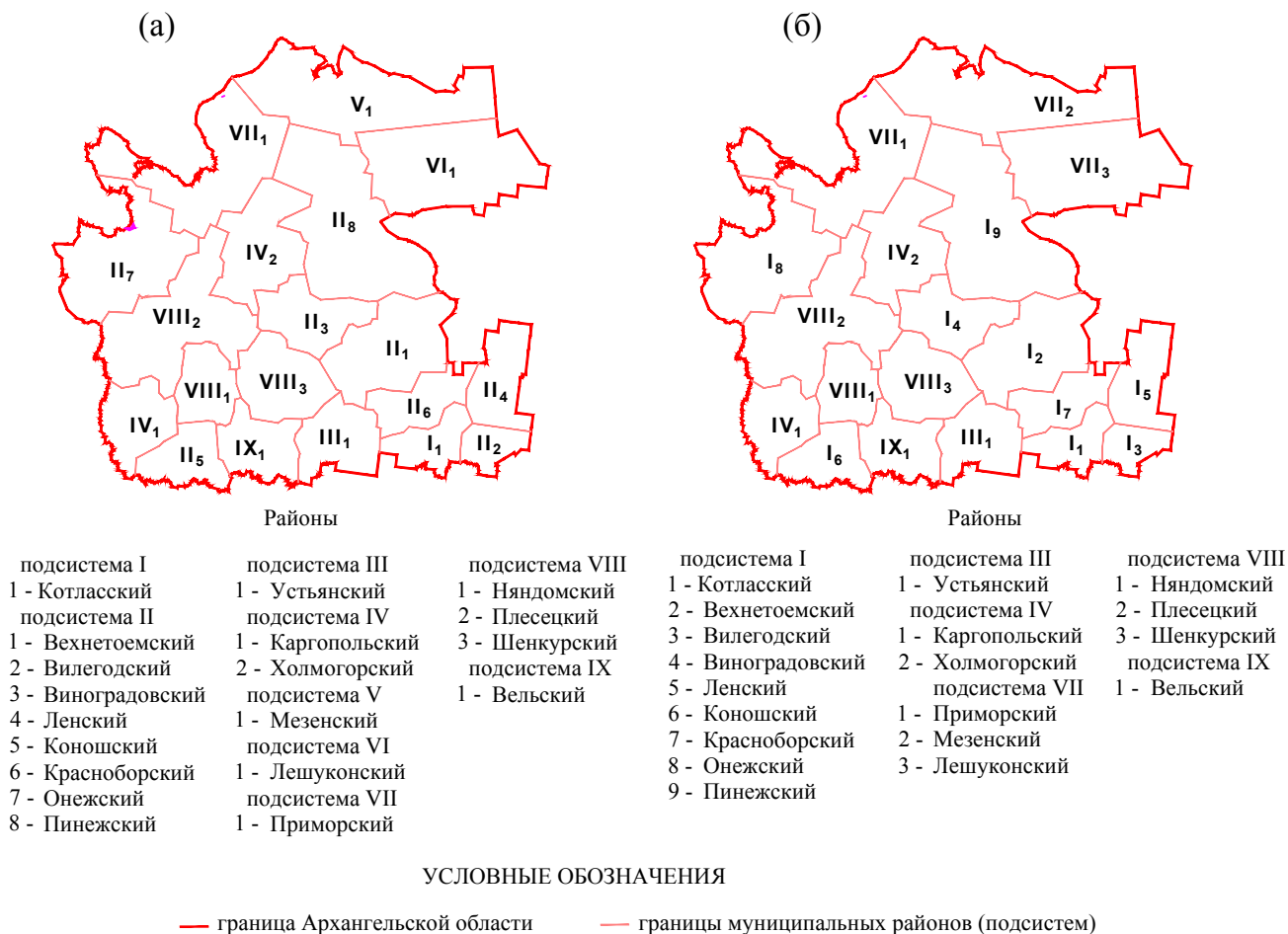


Рис. 2 Схема преобразования подсистем расселения Архангельской области: (а) – существующая, (б) – предлагаемая

Предлагается трансформация существующих монопрофильных лесохозяйственных поселений подсистем II₁, II₂, II₃, II₄, II₅, II₆, II₇, II₈ в полифункциональные поселения

подсистем I₂, I₃, I₄, I₅, I₆, I₇, I₈ и I₉. А также монопрофильных сельскохозяйственных поселений Мезенского и Лешуконского районов (подсистемы V₁ и VI₁) в полифункциональные поселения подсистем VII₂, VII₃.

Для этого технологические процессы лесопользования в границах подсистем II₁, II₂, II₃, II₄, II₅, II₆, II₇, II₈ предлагается дополнить функциями переработки лесосечных отходов и недостающими компонентами по механической обработке и переработке древесины.

В целях стабилизации ситуации, сохранения территориальной системы расселения, поддержания жизнеспособности поселений и обеспечения их развития предлагается в границах территорий подсистем II₁, II₂, II₄, II₅, II₆, пригодных для плантационного выращивания лесных участков, переход к интенсивной модели лесопользования и непрерывному функционированию существующих предприятий лесопромышленного комплекса.

Исходя из труднодоступности территорий в границах подсистем V₁ и VI₁, где лесопромышленный комплекс не сформирован, необходимо создать локальные центры механической обработки древесины с системой поселений, дополненных функциями переработки лесосечных отходов, и вахтовых поселков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложившаяся система поселений лесопромышленных территорий Архангельской области не отвечает изменившимся представлениям о системе лесопользования. Существующие подходы к лесозаготовке, переработке и лесовосстановлению обуславливают стагнацию поселений и постепенное упразднение сформированной системы расселения.

Для стабилизации условий развития производства, сохранения и совершенствования территориальной системы расселения, поддержания жизнеспособности поселений, учитывающей интересы людей, предлагается новый подход к формированию системы взаимосвязи типов подсистем расселения и входящих в них типов поселений.

Применение данного подхода обеспечит проведение обоснованных мероприятий по территориально-пространственной организации лесопромышленного комплекса в соответствии с современными условиями и требованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еропкина Н.Д. Системы расселения в северных лесопромышленных районах Пермской области// Территориальные системы производства, расселения и инфраструктуры Урала. Ученые записки № 319. 1976. Вып. 1. – С. 209.
2. Лаппо Г.М. Концепция опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение// Известия АН СССР. Серия географическая. 1983. № 5. С. 16-28.
3. Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения / П.М. Полян. - М., 1988. 64 с.
4. Владимиров В.В. Управление градостроительством и территориальным развитием. - М., 2000. 89 с.
5. Вильнер М.Я. Основы территориального планирования в Российской Федерации. – М.: Спросэксперт, 2013. 184 с.
6. Тонкой И.В. Региональные системы расселения: тенденции формирования и предпосылки развития// Градостроительство. 2012. № 4. С. 77-81.
7. Фаузер В.В., Назарова И.Г., Фаузер Г.Н. Сельское население северного региона: демографические структуры и характеристики расселения // Корпоративное управление и инвестиционное развитие экономики Севера: Вестник НИЦ КПУВИ СыктГУ. 2012. №1. С.13. [Электронный ресурс] URL: <http://koet.syktu.ru/vestnik/2012/2012-1/2012-1.htm>
8. Рыжкова Т.В. Эффективность формирования сектора лесного рынка вторичных ресурсов: на прим. ЦЭР : диссертация ... кандидата экономических наук. – М., 1996. - 194 с.
9. Майорова Л.П. Рациональное использование древесного сырья как эколого-химическая основа функционирования лесопромышленного комплекса (на примере Хабаровского края): автореферат на соискание уч. ст. докт. хим. наук. – Владивосток, 2011. 43 с.
10. Лесной план Архангельской области [Электронный ресурс] URL: <https://dvinaland.ru>

ОСОБЕННОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЗЕМЕЛЬ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕДОБЫЧИ РЕСПУБЛИКИ ИРАК

А.С. Аль-Катрани¹, Е.В. Щербина², М.А. Слепнев³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹alqtrany@yandex.ru

²scherbinaev@mgsu.ru

³slepnevMA@mgsu.ru

Аннотация

В настоящее время цифровизация различных сфер деятельности, а также «цифровых городов» служит основным трендом инновационного развития. В республике Ирак отсутствует географическая информационная система, обеспечивающая градостроительную деятельность, поэтому работы в этом направлении имеют высокую актуальность и практическую значимость.

На примере мухафазы Басра, в которой ведутся работы по нефтедобычи, показана необходимость разработки научно обоснованной информационной модели учета земель, использование которой необходимо для решения задач градостроительного планирования и проектирования. Такая информационная система позволит обосновано выполнять градостроительное зонирование, анализировать работу транспортной системы и размещения производственных объектов и жилых территорий, а также сохранность и восстановление природного комплекса, с целью устойчивого развития территорий.

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая блокада и война против Ирака привели к ухудшению качества жизни населения, разрушены городские территории, дороги, исторические и культурные памятники [1]. Восстановление территорий, создание безопасной и комфортной среды жизнедеятельности человека является в настоящее время приоритетной градостроительной задачей, решению которой будет способствовать разработка информационной системы, обеспечивающей рациональное использование территорий, нарушенных нефтедобычей.

В республике Ирак отсутствует географическая информационная система (ГИС), обеспечивающая градостроительную деятельность, поэтому работы в этом направлении имеют высокую актуальность и практическую значимость.

Административное устройство мухафазы определено законодательством республика Ирак. Согласно которому вся территория Ирака раздана на 18 мухафаз. Каждая мухафаза разделена на округа и Районы [2,7], например Мухафаза Басра включает 7 Огругов, Шат аль-араб, фао, Або аль-Касиб, Аль-мадина, Курна, Зубира и Басра, карта-схема мухафазы представлена на рис. 1. Мухафаза Басра, (координаты 30°30'30.7"N , 47°46'49.4"E), является третьим по величине в республике Ирак, главный порт страны, расположен в провинции (мухафаза) на юге Ирака, на границе с Кувейтом и Саудовской Аравией на юге и Ираном на востоке. Также граничит с провинциями Ди-Кар и Майсан на севере и Мутанна на Западе [3,4,6].

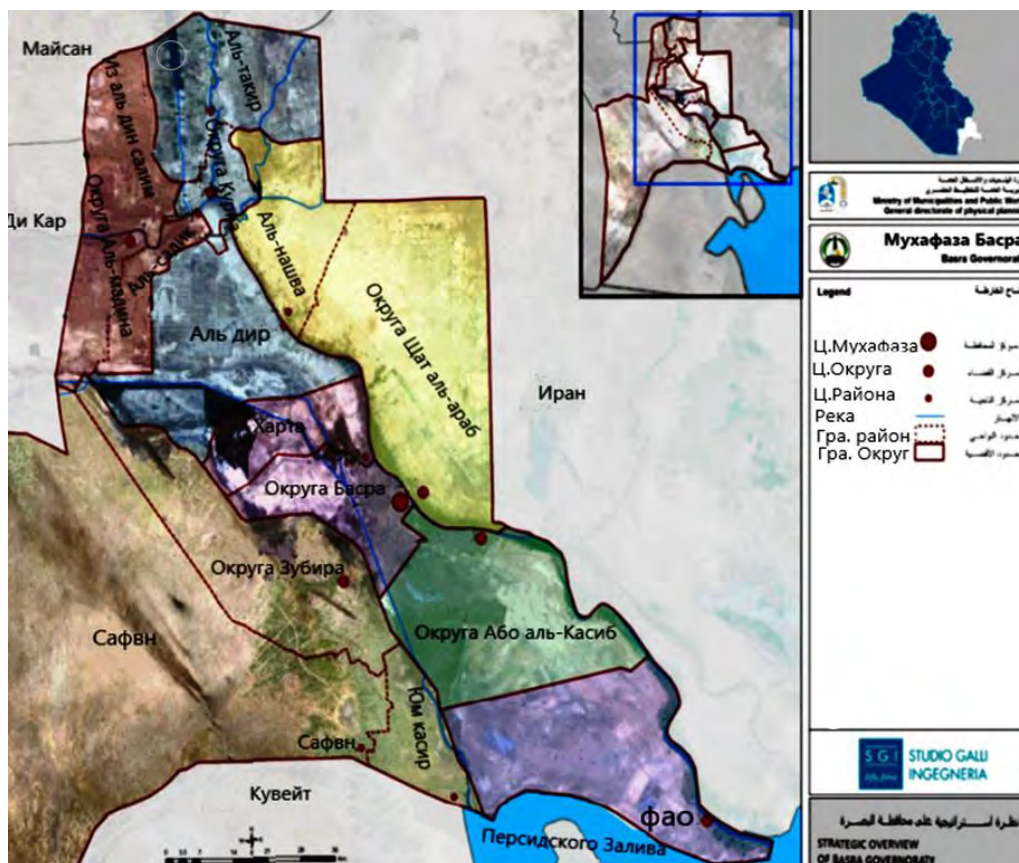


Рис. 1. Карта-схема административного деления Мухафазы [4]
(рисунок подготовил А. С. Аль-Катрани)

Для проектирования информационной базы данных концептуальная модель данных должна содержать все данные, необходимые для достижения целей системы, и должна быть непосредственно переведена в логическую и физическую схему базы данных [5]. Обоснована необходимость разработки научно обоснованной информационной модели учета земель, использование которой необходимо для решения задач градостроительного планирования и проектирования. Информационная модель составит основу информационной системы, необходимой для обеспечения сбора, накопления и обработки исходных данных при градостроительном анализе, решении научных задач и обоснования принимаемых практических решений. На рис. 2 представлена модель информационной базы данных учета земель, в которой использованы символы для представления трех различных типов информации. Логическая модель — это комбинация всех субъектов данных и атрибутов, которые были введены в ГИС-приложение. Информационная модель включает описание способа хранения данных в компьютере и представления информации, построение индексов, альтернативное разрешение и физические объекты хранения, такие как таблицы и карты.

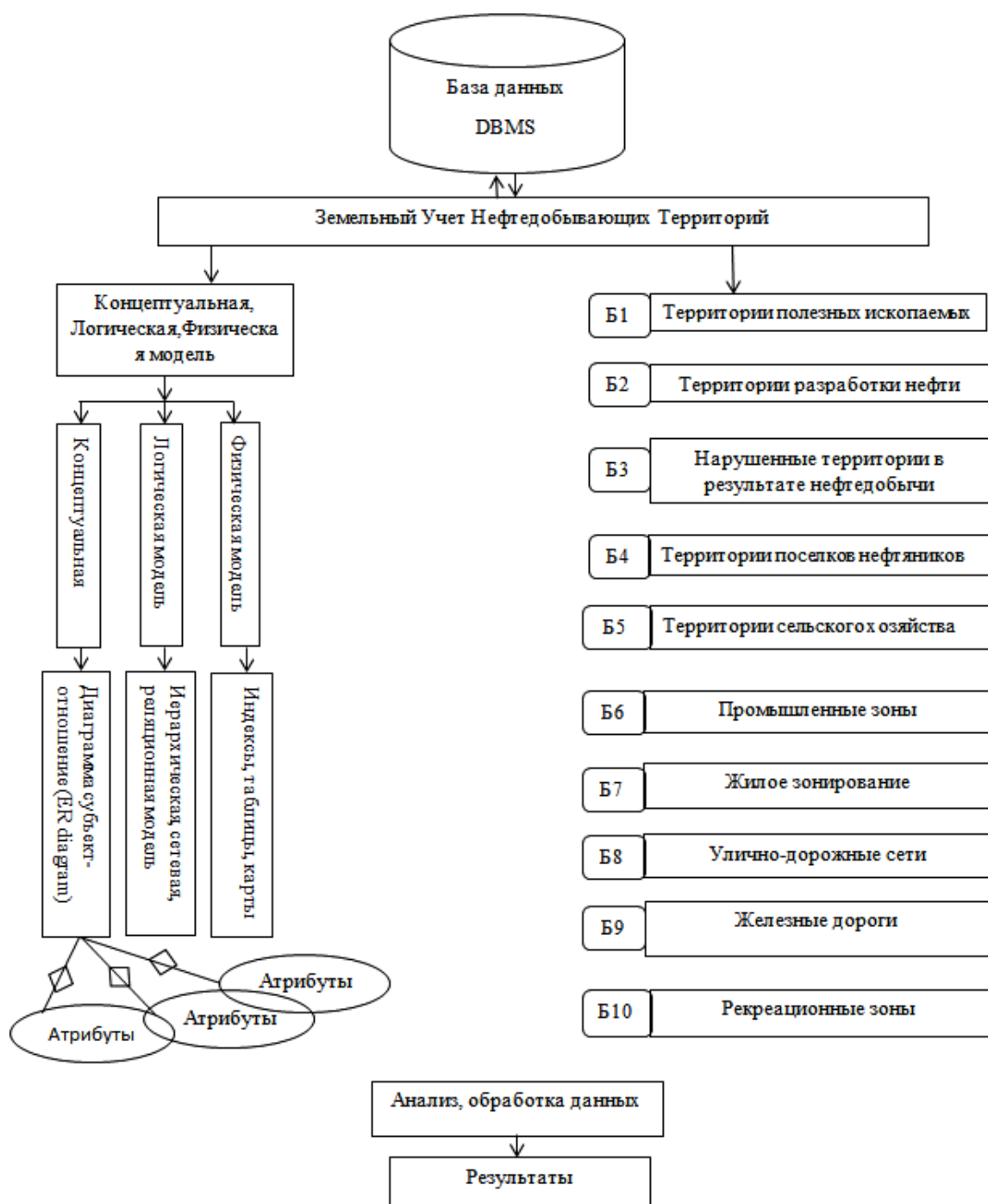


Рис. 2. Модель построения базы данных учета территорий в мухафазе Басра

Для реализации используются различные технологии, такие как системы обработки больших данных (Big data), которые потребуют многих технологий, таких как интеграция с ГИС, время обработки данных, использование аппаратного обеспечения и сочетание с моделированием и имитацией [8]. В представленной модели каждый вид территории имеет уникальный код (Б1- Б10), каждый округ в мухафазе Басра имеет свою уникальную идентификацию (О1-О7), а также в районах мухафазы (Р1-Р15), согласно административной структуры мухафазы Басра атрибуты приведены в таблице 1. например (Промышленные, Жилье зоны, и другие), Атрибуты, например, форма, тип субъекта, код, название, площадь, место, функциональное использование. Степень нарушенности земель: С1 → очень высокий; С2 → высокий; С3 → средний; – С4 → слабый. Структура атрибутов представлена в табл. 1

Таблица 1. Структура атрибутов земель

Идентификатор округа	Идентификатор района	Функциональное использование	Атрибуты	Представление данных	Тип атрибута	Описание
O1-O7	P1-P15	Промышленные зоны, Жилые, территории залегания ископаемых и другие	Форма тип субъекта код название площадь место функциональное зонирование степень нарушения земель	Характеристика, Номер, десятичное число	Полигон, линия, точка, таблица	форма субъекта общая площадь в км ² (C1,C2,C3,C4)

Атрибутирование объектов для формирования информационной базы данных может быть представлено в виде : {Бб: 875, O1, P1.1} , что означает, что в промышленной зоне Округа Басра в районе Харта есть нефтяная скважина (точка) с уникальным кодом таблица (2,3), в приведенном примере (таблица 1) - промышленная зона Басра, нефтяная скважина Зубаир. Тестирование и запуск этого метода базы данных в ГИС системе для одного субъекта промышленной зоны “нефтяное месторождение” (рис.3), где O1: Округа Басра, P1: центр Округа, p1.1: Район Харта.

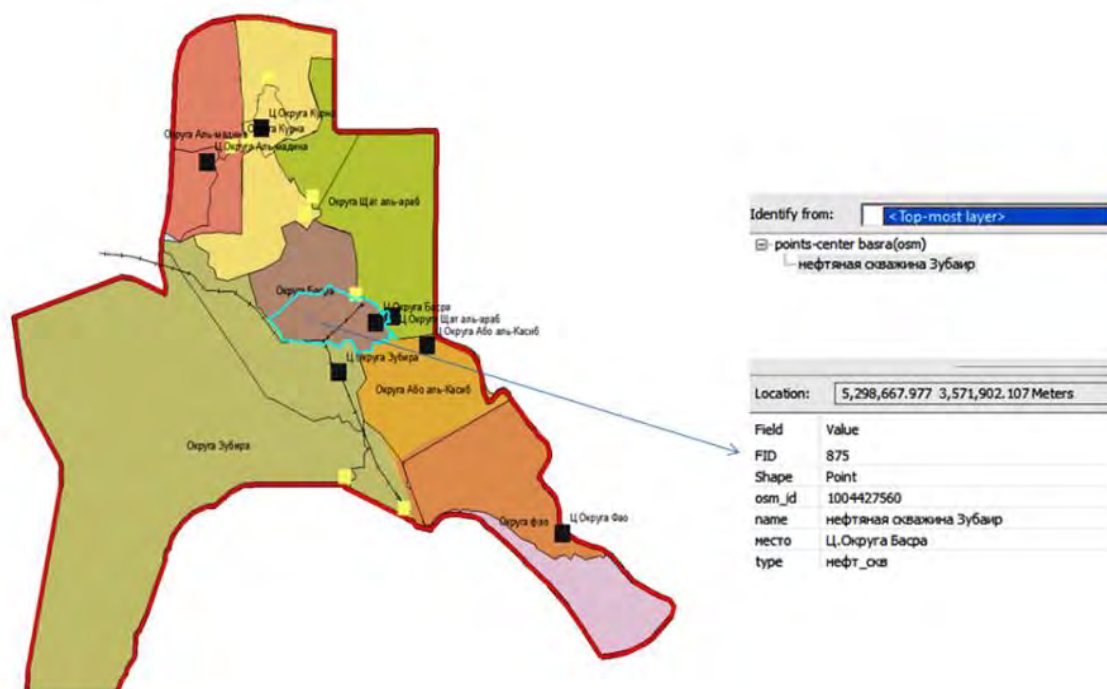


Рис. 3. Местоположение нефтяного месторождения с отображением в ГИС

Таблица 2. Пример систематизации данных

Субъект	Округ	Район	Субъект	Атрибуты	Вид данных	Тип субъекта	Описание
875	01	P1.1	Промышленные зоны	Форма тип субъекта код название площадь место функциональное зонирование	Характеристика Характеристика Номер Характеристика - Характеристика Характеристика	Точечный субъект	расположена на нефтяном месторождении Зубаир

Таблица 3. Пример формирования базы данных (нефтяная скважина Зубаир)

Атрибутирование промышленных зон						
Форма	тип Субъекта	код	Название	Площадь км2	место	функциональное зонирование
нефтяное месторождение	Точка	875	нефтяная скважина Зубаир	-	Центр Округа Басра	Промышленные зоны

ВЫВОДЫ

Приведены методические подходы формирования базы данных для ГИС обеспечения градостроительной деятельности. Показано, что выделение земельных участков в мухафазе Басра является первым шагом к оценке степени нарушения земель в результате добычи нефти и газа.

Географическая информационная система позволит обосновано выполнять градостроительное зонирование, анализировать работу транспортной системы и размещения производственных объектов и жилых территорий, а также сохранность и восстановление природного комплекса, с целью устойчивого развития территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mihail S., Elena S. and Al-qatrany A.C.D. The use of smart remote sensing technologies in the development of master plans of cities on the example of the city of Basra // FORM 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 022013 .DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/2/022013> (дата обращения 11.07.20)
2. Дубессан Р.Д. Реформа Государственно-Территориального Устройства Республики Ирак В Хxi Веке: Проблемы Теории И Практики // дис. ... канд. Юриди. Наук /12.00.02 / Татьяна Дмитриевна - Воронеж, 2014 -176с .
3. URL: <https://www.noonpost.com> , Basra Venice Iraq [Электронный ресурс], (дата обращения 08.04.20)
4. Структурный план провинции Басра, первый этап // Министерство муниципальных и общественных работ - 2013 г.
5. Anwar.S.D. The development of GIS Database of oil spill using remote sensing data // open access Master theses/1834141 / Anuar Ahmad – Malaysia,2009
6. Structure Plan of Basra Governorate, phase 5, final plan // The Republic of Iraq, Ministry Of Municipalities And Public Works, Ministry of planning - Basra branch – 2014
7. Old Basra Conservation and Development Plan //United Nations Human Settlements Programme (Un-Habitat) – 2018. , <https://www.unhabitat.org>. (дата обращения 21.02.20).
8. A.Belal, E. Shcherbina. Heritage in post-war period challenges and solution /// IFAC PapersOnLine 52-25 – 2019 - C. 417—426 426 .DOI: <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.4.417-426>

ТЕАТРАЛЬНО-ЗРЕЛИЩНЫЕ ЗДАНИЯ, ПОВРЕЖДЕННЫЕ ВОЙНОЙ. ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ

А.В. Анисимов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, alexandranisimo@yandex.ru

Аннотация

В течение более двух десятилетий после 2-ой мировой войны в европейских странах проводились реконструкции, связанные с восстановлением объектов культуры, пострадавших от обстрелов, бомбардировок и отсутствия нормальной жизни в военное время. Последними были в 1965-Большой театр в Варшаве, в 1985 – Опера в Дрездене. Прошло 75 лет после конца войны. Но при реконструкции зданий национального значения обнаруживается ущерб нанесенный бомбардировками крупнейшим памятникам театральной архитектуры.

С 1939 по 1945 гг в результате бомбардировок и обстрелов уродовались и порой разрушались крупные театральные сооружения памятниками истории, культуры и архитектуры своих стран: в сентябре 1939 – Большой театр в Варшаве, 24 июля 1941 – разбомбили Театр им. Е.Вахтангова в Москве, 19 сентября 41-го –пострадал Мариинский театр в Ленинграде, 28 октября – Большой театр в Москве, трижды пострадал от бомбардировок и других разрушений Театр Карло Феличе в Генуе -1941, август 1943, сентябрь 1944, в1943 – театр Ла Скала в Милане, 1945 –пострадала Венская опера, 3 февраля 1945 – Берлинская опера,

В статье рассказывается о трех этапах послевоенных реконструкций таких зданий в разных странах Европы, включая СССР. На первом этапе наскоро восстанавливались руины, чтобы быстрее начать мирную жизнь.

После этого поводом для реконструкций стало массовое совершенствование внутренних инженерных коммуникаций с внедрением кондиционирования воздуха, установкой лифтов для зрителей, обеспечение противопожарных мероприятий, порой связанных с перепланировкой здания и организацией новых эвакуационных выходов. Еще не ставился вопрос о новой градостроительной эстетике.

На третьем этапе, в конце 20 века главной причиной реконструкций театральных сооружений становится моральный и физический износ зданий, построенных в предыдущие эпохи, многие из которых стали памятниками истории, культуры и архитектуры. Началось активное совершенствование сценической технологии, глобальная замена оборудования, иногда создание вторых малых залов и т.п. И, наконец, новая эпоха преподнесла нам и новый образ этого старого сооружения. Начиналась новая эпоха нового суперстиля, отказавшегося от трехтысячелетней истории ордерной архитектуры...Но это в новых театрах. На рубеже 20 и 21 века в разных странах приступили к серьезному обновлению морально устаревшей архитектуры. Начал радикально меняться ее характер при бережном отношении к историческим сооружениям. Такое сложное сочетание – одна из главных проблем модернизации исторического города.

Одной из причин серьезных реконструкций театрально-зрелищных зданий во второй половине XX века стало восстановление разрушенных войной сооружений и ликвидация последствий существования их в тяжелых условиях военного времени без отопления, вентиляции и нормальной эксплуатации.

В течение более двух десятилетий после окончания войны, в европейских странах проводились реконструкции, связанные с восстановлением объектов культуры, пострадавших от обстрелов, бомбардировок и отсутствия нормальной жизни в военное

время. Прошло 75 лет после конца войны. Но при реконструкции зданий национального значения обнаруживается ущерб нанесенный войной крупнейшим памятникам театральной архитектуры. С 1939 по 1945 гг в результате бомбардировок и обстрелов уродовались и порой разрушались сооружения, ставшие памятниками истории, культуры и архитектуры своих стран: в сентябре 1939 – Большой театр в Варшаве, в 1941 году – разбомбили Театр им. Е.Вахтангова в Москве, серьезно пострадал Мариинский театр в Ленинграде, бомба взорвалась и за портиком Большого театра в Москве, трижды пострадал от бомбардировок и других разрушений Театр Карло Феличе в Генуе -1941, август 1943, сентябрь 1944, в 1943 – театр Ла Скала в Милане, 1945 –пострадала Венская опера, в февраля 1945 – Берлинская опера, и др.

Крупнейшие театры общенационального масштаба реконструировались в три этапа. На первом этапе, нередко даже во время войны, наскоро восстанавливались руины, чтобы быстрее начать мирную жизнь.

На втором этапе поводом для реконструкций стало массовое совершенствование внутренних инженерных коммуникаций с внедрением кондиционирования воздуха, иногда установкой лифтов для зрителей, обеспечение противопожарных мероприятий, порой связанных с перепланировкой здания и организацией новых эвакуационных выходов.

На третьем этапе, в конце 20 века главной причиной реконструкций этих же театральных сооружений становится моральный и физический износ зданий, построенных в предыдущие эпохи. Началось активное совершенствование сценической технологии, глобальная замена оборудования, иногда создание вторых малых залов, мастерских, складов декораций, обеспечение современного комфорта для зрителей и работников театра и т.п. И, наконец, новая эпоха преподнесла нам и новый образ этого старого сооружения. Начиналась новая эпоха нового суперстиля, отказавшегося от трехтысячелетней истории ордерной архитектуры... Но это в новых театрах. На рубеже 20 и 21 века в разных странах приступили к серьезному обновлению морально устаревшей архитектуры. Начал радикально меняться ее характер при бережном отношении к историческим сооружениям.

У нас в стране первым был восстановлен Большой театр СССР. Работы начались почти сразу после постигшего разрушения в октябре 1941: 12 метров фасадной стены за колоннами, которые устояли, перекрытие над вестибюлем, осыпавшаяся лепнина во всех примыкающих частях, включая капители портика. В эту же осень и зиму несмотря на сложную военную обстановку и низкую температуру, под руководством архитектора А.П.Великанова начались восстановительные работы. На месте разрушенной была поставлена временная деревянная стена. В 1942-1943 гг были восстановлены сама стена, двери, скульптуры, капители колонн, лепнина, карнизы и барельефы, интерьеры углового западного фойе. В сентябре 1943 театр смог открыть сезон в обновленном здании оперой «Иван Сусанин».

Работы по реконструкции продолжались и в послевоенные годы: в 1950 – началось совершенствование внутреннего инженерного оборудования: замена и реорганизация вентиляционного оборудования, устройство спринклерной и дренчерной систем пожаротушения, сзади над декорационным сараем была произведена замена деревянных ферм металлическими, реконструкция и реставрация внутренних помещений. В 1955 – для зрительного зала и артистических помещений была установлена система кондиционирования воздуха. Для технических помещений и воздухопроводов были застроены уступы в задней части боковых фасадов шестиэтажными пристройками, было осуществлено строительство холодоцентра и артезианских скважин под землей. (мастерская Моспроекта, руководитель И.Е.Рожин). Для этого были сделаны тщательные обмеры и вскрытия старых инженерных коммуникаций и вентиляционных каналов. Несмотря на проведение ряда локальных работ, к концу века стала ясна необходимость радикальной комплексной

реконструкции всего здания и это состоялось в 2005-2011 гг. после открытия второй сцены театра. Объемы театра значительно расширились за счет освоения подземного пространства: появился репетиционно-концертный зал, внутренние склады декораций, большие площади служебных и подсобных помещений. Над аръерсценой был оборудован большой репзал для балета и значительно переоборудован большой репетиционный зал над зрительской частью со сценой равной сцене главного зала.

В самом начале блокадной осени 19 сентября 1941 года вражеская бомба разрушила правую сторону зрительской части Мариинского театра. Погибла отделка всех примыкающих помещений, включая зрительный зал. Во время обстрелов западные фасады здания были повреждены более чем 10 снарядами. Пришел в негодность железный занавес, разбитыми оказались все мелкие люстры. Главная люстра зала была на реставрации, что ее и спасло.

Еще до снятия блокады под руководством главного инженера театра С.А.Вольнова в 1942-44 гг. велись восстановительные работы. Благодаря этому, после возвращения труппы из эвакуации 1 сентября 1944 театр смог открыть новый сезон, как в мирное время. Работы по усовершенствованию здания и залечиванию старых ран продолжались и в 1950-х и в 1960-х гг.

Во время отпуска труппы в 1948 была произведена реконструкция подполья зрительного зала. Деревянные опоры были заменены железобетонными конструкциями. Театр получил свыше 500 кв. м полезной площади для гардероба, фойе и библиотеки оркестра. «Там же в подполье, построен 32-метровый тоннель для прохода с правой стороны на левую», продолжались большие ремонтные работы, реконструировано осветительное оборудование с заменой технологической аппаратуры. (Газета «За советское искусство» 21 сентября 1948 г). Намечалась радикальная реконструкция здания. Для ее подготовки, которая велась в течение 5 лет, в 1953 была построена новая трансформаторная подстанция и заменены электросети сценической части. В 1957 был одобрен проект увеличения глубины игровой площадки с перестройкой заднего фасада здания. В 1958-59 гг. «...удалось разобрать заднюю стенку сцены и вновь ее построить на 5 метров дальше прежней за счет части Крюкова канала», для чего было сделано свайное основание, утопленное в дно канала, как писал главный инженер театра С.Вольнов, который всю войну провел в блокадном городе. Он же рассказывал автору статьи, что за 1958 год удалось устроить новую выступающую на 2,5 м набережную Крюкова канала с укреплением фундаментов задней стены здания, слева надстроить этаж, а справа пристроить 4-х этажный корпус и организовать карман. Но к концу века здание продолжало дряхлеть и встал вопрос о его радикальной реконструкции, а для работы труппы на это время потребовалось новое здание. И оно появилось. Но в новом веке... А вопрос о реконструкции исторического здания по прежнему актуален.

24 июля 1941 года бомба разрушила Театр им. Евг.Вахтангова на Арбате. Это было фактически новое сооружение, построенное на месте особняка Берга в несколько приемов. Наиболее серьезную перестройку произвели в 1929 году, после чего зал увеличился до 1100 мест по проекту архитектора В. Шуко с фасадом в духе конструктивизма. Под руководством архитектора П. В. Абросимова еще во время войны был создан проект реконструкции с полной перестройкой передней части дома, выходящей на Арбат. В результате значительно увеличилось и стали удобнее вестибюль и фойе, обновился зрительный зал. Главный фасад здания объединялся мощными каннелированными пилястрами темно-серого цвета со сквозным проходом по тротуару под новым фойе. Все детали интерьера были решены в модных тогда формах ретроспективной архитектуры с лепными классическими деталями. Отделка зала с позолотой и красным бархатом повторяла принципиальную схему старых ярусных театров в духе ампира. Так в 1945-47

ступенчатый зал с примитивной сценой превратился в ярусное сооружение одного из лучших в стране академических театров.

Во время Второй Мировой войны пострадали и многие европейские театры. В 1943 от прямого попадания бомбы союзников в зрительный зал оказался разрушенным самый знаменитый оперный театр Европы – Миланский Театр Ла Скала. Но любимый итальянцами театр постарались быстро восстановить к 1946 году. Огромный зал, вмещавший около 3000 зрителей обладал удивительной акустикой и роскошной отделкой. Дирижер Тосканини пожертвовал на его восстановление миллион долларов. И после работ под руководством инженера Л.Секки 11 мая 1946 там состоялся концерт под руководством Тосканини, пела Рената Тебальди. В последующие годы велись разные работы по совершенствованию интерьеров, повышению комфорта для зрителей и артистов, удовлетворение противопожарных требований – организация удобных эвакуационных выходов из партера под бенуаром. В 1955 с левой стороны вплотную к основной сцене была построена «Скала Пикколо» - малая сцена Ла Скала на 500 мест для камерных и экспериментальных постановок.

Но у основной сцены не было карманов и ее оборудование устаревало. Назревала большая реконструкция. И 7 декабря 2001 театр Ла Скала в последний раз открыл сезон в старом здании. Его спектакли продолжились на окраине Милана в современном здании театра дельи Арчимбольди. (Teatro degli Arcimboldi), параметры сцены которого соответствовали размерам Ла Скала, что позволило использовать старые декорации. Координатором проекта стал известный архитектор Марио Ботта. Через 912 дней, строго по запланированному графику сложнейшая реконструкция закончилась. Была произведена тщательная реставрация зрительской части театра с восстановлением первоначальной отделки и полностью перестроена с обновленным технологическим оборудованием сценическая коробка. Все работы закончились в 2004 г. Обновление выполнено исключительно деликатно и внимательно по отношению к изначальным интерьерам. Высота сценической коробки поднята до 30 м. Изменилась ее внешняя фактура, что заметно при вечернем освещении. Вся поверхность стен колосниковой коробки покрыта равномерной сеткой отверстий, которые светятся в вечерней темноте и облегчают массивный объем выросшей сцены. На месте театра Piccolo Scala устроен огромный карман для основной сцены. Над ним появился новый объем трехэтажного овального в плане корпуса, где разместились гримерные музыкантов и балета, помещения для технического персонала.

Противопожарные требования значительно сократили вместимость зрительного зала до 2015 мест (была около 3000 мест). В спинках кресел установлены табло с языковыми титрами для постановок на языке оригинала. Архитектор-реставратор по зрительному залу и фойе – Елизабетта Фабри. Инженер-акустик – Luigi Arau.

В конце февраля 2020 года из-за пандемии Covid-19 работа La Scala была остановлена. Но 5 сентября артисты театра исполнением Реквиема Дж. Верди в Миланском Кафедральном соборе «в память жертв пандемии» возобновили сезон в присутствии президента страны. Отдельный концерт будет дан для медиков. В основном здании театра будут исполняться «Травиата», «Аида» и «Богема» без массовых хоров. Возобновление работы La Scala Мэр Милана Джузеппе Сала назвал «сигналом возвращения к нормальной жизни».

В результате американской бомбардировки 6 марта 1945 года было частично разрушено здание Венской государственной оперы (нем. Wiener Staatsoper). Восстановительные работы продолжались до 1955г., и, наконец, 5 ноября 1955 г. театр был открыт постановкой «Фиделио» Бетховена. Тогда же была возобновлена традиция ежегодных балов в Венской опере. Здание театра являлось национальной гордостью страны. Его знаменитое открытие состоялось 25 мая 1869 года в присутствии императорской четы Франца Иосифа и

Елизаветы. Он тогда носил название «Придворного оперного театра». За прошедшие послевоенные годы еще не раз проходили и ремонты, и локальные реконструкции, и модернизация технологического оборудования.

В наши дни вступающий на пост директора Богдан Рошчич и главный дирижер Филипп Йордан - презентовали амбициозный план сезона 2020/21, а вместе с ним и программу задуманного ими радикального переустройства этого ведущего института оперного мира.

Театр Карло Феличе в Генуе трижды за годы 2-ой Мировой войны подвергался разорению. В 1941 году от обстрела войск союзников была разрушена крыша здания и сильно повреждена уникальная роспись потолка зрительного зала. В августе 1943 года, после попадания зажигательной бомбы, выгорели закулисные помещения, и гримерные, но пожар не затронул основной зал, к сожалению, в тот раз театр пострадал больше от грабителей. В сентябре 1944 года, после воздушного налета, от здания остались только стены. Наскоро отремонтированный театр продолжил свою деятельность. Одновременно с 1946 года делались проекты капитального восстановления здания. В 1951 на основе конкурса был выбран один проект, но он никогда не претворился в жизнь. Из-за аварийного состояния в начале 1960-х театр пришлось закрыть. Неоднократно менялись авторы проекта (Карло Скарпа, Альдо Росси и др.) Только 7 апреля 1987 года состоялась закладка фундамента обновленного сооружения. В результате театр был фактически полностью перестроен. Сохранились лишь некоторые стены старого дома и фасад с барельефами, а также отдельные детали интерьера, которые удалось вписать в обновленную композицию. 18 октября 1991 театр Карло Феличе открылся практически в новом помещении. Теперь это один из самых крупных театров Европы. Источник: opera-world.ru Театр Карло Феличе в Генуе.

Саксонская государственная опера. («Опера Земпера») была разрушена за 3 месяца до окончания войны. В 1945 во время бомбардировки Дрездена союзниками, вместе с разрушением центра города практически полностью было разрушено и здание Оперы. Уцелели лишь наружные стены и некоторые скульптуры. В 1952 году были проведены работы по сохранению и укреплению сохранившихся фрагментов здания и консервация уцелевших деталей. Капитальные восстановительные работы начались только 24 июня 1977 года и закончились через 8 лет. Восстановленное в первоначальном виде здание открылось для публики 13 февраля 1985 года (в годовщину бомбардировки), спустя 40 лет после его разрушения. Реставрация велась под руководством архитектора Вольфганга Хэнша. Планировка здания была несколько изменена в соответствии с современными требованиями к оперному театру. С задней стороны были построены 3 вспомогательных корпуса (одно большое и 2 поменьше) на общей подземной части с автостоянками. Со стороны Эльбы было построено квадратное здание, в котором разместилась малая сцена оперы или Земпер 2. Основное предназначение здания — проведение репетиций, однако оно обладает всем необходимым для театра набором помещений и оборудования, включая зрительский зал на 200 человек. В других зданиях склады декораций, мастерские и офисные помещения.

Неудачи преследовали это здание и раньше. Его автора Готфрида Земпера в 1849 году вместе с Рихардом Вагнером объявили государственными преступниками за революционную деятельность. Спасла их эмиграция. Но в 1869 здание театра сгорело. По настоянию граждан просили Земперу поручить его восстановление. Он сделал чертежи, но в Дрезден не приехал. Строительством руководил его сын Манфред Земпер. Воссозданное в 1980-х годах здание в 2002 году пострадало от большого наводнения. Потребовался серьезный ремонт и реставрация. Ущерб составил 27 млн евро.

Можно было бы многое рассказать о разрушении с 1939 года фашистами Большого театра Варшавы и его долгого восстановления, а также о реконструкциях крупных театров в других городах Европы. Их печальная биография складывалась похоже. Техногенные разрушения и

естественный моральный и физический износ этих уникальных и сложных сооружений стали причиной больших дорогостоящих, а иногда и длительных реконструкций национального значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольнов С. Реконструкция началась // За советское искусство.–1958. – 16 июля
2. Грантовский А.И. Реконструкции здания Большого театра Союза ССР // Сценическая техника и технология. – 1976. – № 1. – С. 6
3. Анисимов А.В. Театральные здания Москвы. – Москва: Курс, 2017. – 380 с.
4. Лагутин К.К. Архитектурный образ советских общественных зданий. – Москва: Искусство, 1953. – 236 с.
5. Михалева Э.Е. Юрий Любимов в зеркале Вахтанговской сцены. – Москва: Театралис, 2019. – 240 с.
6. Борисова М. Театральный роман с Ла Скала // Вокруг Света. – 2006. – № 9. – URL: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/2856/> (дата обращения: 09.09.2020)
7. Театр Карло Феличе. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 10.09.2020)
8. Christine Grafin von Bruhl. Дрезден и долина Эльбы. – 2011. – 97 с.
9. Анисимов А.В. Город Санкт-Петербург. – Москва: Доброе слово, 2012. – 480 с.
10. Тарановская М.З. Архитектура театров Ленинграда. – Санкт-Петербург: Стройиздат, 1988. – 224 с.
11. Хрипунов Ю.Д. Архитектура Большого театра. – Москва: Государственное издательство по строительству и архитектуре, 1955. – 246 с.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЖИЛИЩА. АНАЛИЗ ПОСЛЕ ЗАСЕЛЕНИЯ

Л.В. Анисимова¹, Ю.В. Анисимов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*anisimovalv@yandex.ru*

²*anisimov-u@yandex.ru*

Аннотация

Проекты жилых зданий нового поколения должны отвечать концепции устойчивого развития: требованиям социальной доступности, экономической эффективности и экологическим стандартам качества. Анализ проектной практики и эксплуатационных качеств новой многоквартирной жилой застройки в городах Вологодской области показал, что качество жилой среды не должно оцениваться только по соответствию нормативам. Главным источником информации о качестве является обитатель здания и места. Необходимо вводить комплексную оценку качества зданий и среды на основе концепции РОЕ – оценка после заселения (post-occupancy evaluation), эффективно используемую в зарубежной практике и дающую достоверную информацию о качестве строительства и комфортности жилой среды многоквартирного жилища. Для этого была произведена выборка домохозяйств (квартир) одной ценовой категории, но в домах разных серий после их заселения. Предложены и использованы критерии оценки. Исследование содержит результаты выборочного социологического опроса жителей, о характере предпочтений при покупке жилья и после их заселения. Предложен комплексный подход к устойчивому планированию и прогнозированию типов жилья, удовлетворяющий спрос и отвечающий изменению образа жизни той или иной категории городского населения, обеспечивающий адекватную жилищную политику.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье-гражданам России» основана на принципах устойчивого развития архитектуры. Возведение новых домов в зонах обновления ветхого и аварийного фонда, не отвечающего санитарным и техническим требованиям современности, требует аккумуляции значительных материальных средств, и сопряжено с требованиями социальной доступности. Вопросы экономической эффективности и соответствие новым экологическим стандартам качества предъявляют к современным проектным решениям повышенные требования.

Современная практика риэлторской деятельности показывает, что квалифицированная экспертная оценка архитектурно-типологических свойств возводимого жилья в России еще не сформирована. Поскольку проблеме оценки качества жилой среды в отечественной архитектурной науке не уделяется должного внимания, необходима разработка методики оценки качества архитектурных решений жилой среды на основе её потребительских качеств. Главным источником информации о качестве жилой среды является потребитель здания или квартиры. Современное состояние рынка жилой недвижимости является индикатором проблемы пониженного спроса на жилье. «Достаточно вспомнить, что примерно десятая часть жилищного фонда страны – это так называемые структурные вакансии, - жилища, пустующие потому, что не отвечают потребностям людей по качеству, стоимости или соотношению первого и второго (за вычетом намеренного резервирования фонда как способа сбережения капитала). Все чаще СМИ сообщают о людях, мечтающих вернуться в ветхий и аварийный фонд из вновь построенного и только что им предоставленного социального жилища», - пишет К.В. Кияненко [1].

Необходимость введения комплексной оценки качества застройки на основе концепции РОЕ – оценка после заселения (post-occupancy evaluation), эффективно используемую в

зарубежной практике и дающую достоверную информацию о качестве строительства и комфортности жилой среды многоквартирного жилища назрела и в России[2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методика работы базировалась на опыте подобной оценки РОЕ, проведенной для здания Публичной библиотеки Сан-Франциско в апреле 1997 года, через год после того, как здание было открыто для публики в апреле 1996 года [3]. Исследователи собирали данные посредством обзора исходных документов, интервью, фокус-групп, опросов персонала и общественности, наблюдения и анализа строительных систем. Сбор данных предоставил информацию, которая помогла консультантам повысить качество и спектр услуг, предлагаемых SFPL в Главной библиотеке[3].

Для анализа потребительских качеств многоквартирных жилых домов была произведена выборка домохозяйств (квартир) одной ценовой категории, но в домах разных серий после их заселения на территории Вологодской области. Выборка серий производилась по следующим признакам: серии домов широко используются в застройке российских городов, квартиры в домах этих серий имеют одну ценовую категорию и используются для социальных проектов.

Выборка исследуемых серий производилась на основании исследования рынка недвижимости для различных районов города Вологды застроенных преимущественно жилыми домами типовых серий.

Предварительному анализу были подвергнуты планировки жилых секций, материал строительства, конструктивные особенности. Далее сравнительному анализу подвергалось разнообразие планировок и комнатность квартир, размер кухонь, наличие или отсутствие лоджий и балконов.

Вторым этапом оценки являлся анкетный опрос обитателей и фокус-групп. Целью исследования является выявление скрытых технологических недостатков строительства, а также неудовлетворенность планировками квартир. Предоставить проектировщикам объективную информацию о сильных и слабых сторонах типовых серий для удовлетворения потребительского спроса и возможной реконструкции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительному анализу подвергались жилые дома со стоимостью квадратного метра от 30000-40000 руб. по разным районам города Вологды. Обзор показал, что возрастание стоимости квадратного метра зависит скорее от благополучия района города и качества его инфраструктуры, чем от применяемой серии жилья (см. рис.1).

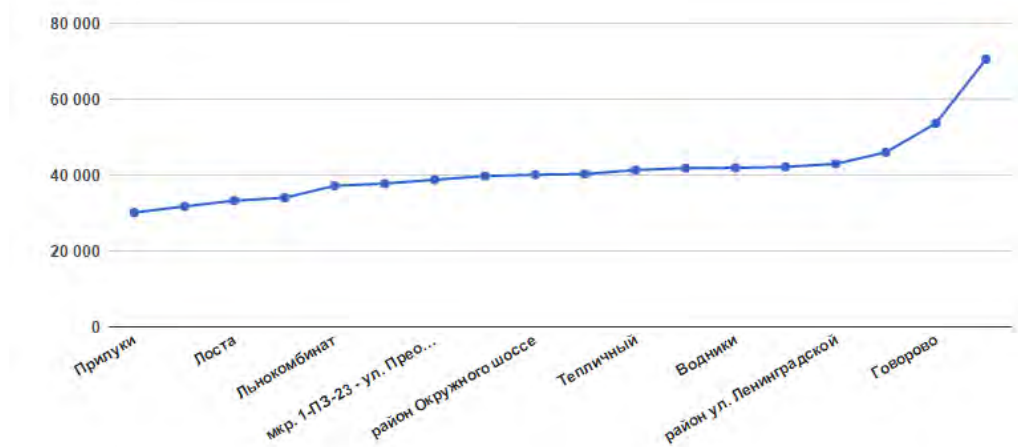


Рис. 1. Обзор стоимости 1 квадратного метра жилья по районам г. Вологды на 13.12.2016

Среди типовых многоэтажных домов были выбраны три серии для сравнительного анализа. Все исследуемые серии имеют примерно одинаковую конструктивную схему: железобетонные перекрытия, стены выполнены из мелкоштучного кирпича с утеплителем. Серия С-220 разработана с применением зарубежной технологии S.Holding позволяет варьировать типы секций по этажности и по размеру квартир. Это создает условия для совмещения в одном многоквартирном доме коммерческого и социального жилья. Средняя стоимость квадратного метра в г. Вологда 32927 р/м²

Серия 114-86 общесоюзная типовая серия многоэтажных жилых домов, разработанная ЦНИИЭП жилища в 1971 году как наиболее комфортная, применение которой не прекращено до сих пор. Разработано несколько блок-секций — рядовые, угловые, поворотные блок-вставки. Разнообразие блок-секций с разным набором квартир, позволяет спроектировать дом, ориентируясь на потребности будущих жильцов. Блок-секционный принцип позволяет «собирать» из секций дома различной формы — прямые, угловые, изогнутые. Средняя стоимость квадратного метра по г. Вологда колеблется в пределах 40500 р/м²

И серия КП, разработанная Гипрогражданпромстроем в конце 80-ых начале 90-ых годов. Средняя стоимость квадратного метра по г. Вологда колеблется в пределах 34127 р/м². Все эти серии на стадии проектирования выгодно отличались от своих предшественников стремлением к созданию комфортной жилой среды. Сравнительный анализ планировочных решений показал, что секции имеют достаточно схожие габаритные характеристики, что подтверждает правомерность сравнения. Однако следует заметить, что серия 114-86 имеет самую маленькую высоту потолка и размер кухни, но при этом стоимость одного квадратного метра жилой площади в данной серии выше, чем в двух других. А серия С-220, несмотря на наличие большого количества вспомогательных нежилых помещений в доме и при значительной высоте этажа и размере кухонь, цениться потребителем значительно ниже (см. табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ планировочных характеристик секций многоквартирных жилых домов

Тип серии	Количество квартир на этаже в секции	Разнообразие планировок квартир по кол-ву комнат	Наличие лифта	Наличие вспомогательных общедомовых помещений	Высота потолка	Стоимость 1м ²	Размер кухни
С-220	3-4	От1-до4-х комнатной	Да 2 шт.	Первый этаж не жилой, имеется техподполье и технический этаж, имеются балконы и лоджии, колясочные, возможна организация подземной парковки	2.75 м	32927 р/м ²	8,3-10 м ²
114-86	2-3	От1-до4-х комнатной, есть и 5-ти комнатные	да	Балконы и лоджии почти во всех квартирах	2,5 м	40500 р/м ²	7.5-9 м ²
КП	4-5	От1-до4-х комнатной	да	В домах есть колясочные, балконы и лоджии почти во всех квартирах	2.55-2.65 м	34127 р/м ²	7-9 м ²

Данные критерии количественной оценки выявили парадоксальность ситуации. Количественные характеристики архитектурно-планировочных свойств объекта, лежащие на поверхности, которыми обычно оперирует архитектор, не совпадают с потребительской оценкой качества жилья (см. рис.2).



Рис.2 Сравнительный анализ планировок квартир и фасадных решений типовых секций многоквартирных жилых домов

Для выяснения истинных причин потребительской оценки было проведено анкетирование жильцов. Результаты анкетирования показали, что комфортность проживания складывается не только из пространственных параметров квартир. Существенную долю комфорта составляют так называемые «неустраняемые» недостатки. К ним относятся: плохая шумоизоляция квартиры, мостики холода, не работающая вентиляция, плесень. Анкетный опрос жителей серии С-220 показал, что после заселения 71% жильцов выяснил, что между квартирами недостаточная шумоизоляция. Жители одно и двухкомнатных квартир имеют общий балкон, остекление которого становится проблемой, так как требует совместного согласования этого вопроса. А железобетонные несущие перегородки не позволяют объединять площади комнат и делать перепланировки квартир. Кухни в четырехкомнатных

квартирах имеют равную площадь кухням в однокомнатных квартирах, что не позволяет большой семье комфортно разместиться в пространстве. Положительными моментами, которые привлекли жителей, явился шаг несущих поперечных стен 3,0; 3,6 и 4,2м. позволяющий пропорции комнат приблизить к квадрату, а также наличие вторых санузлов в больших квартирах, мусоропровод с загрузочным клапаном на каждом этаже.

Серия КП по оценке жителей оценивается как типовое жилье с небольшими по площади квартирами. Среди недостатков отмечен бедный выбор вариантов планировок квартир. В срединных секциях предлагаются только однокомнатные и трехкомнатные квартиры. Несмотря на наличие колясочных, в отделке квартир используются самые примитивные материалы. Такое жилище 60 % опрошенных считают временным.

Серия 114-86 по оценке 73% жителей обладает высокой тепло- и звукоизоляцией благодаря стенам из кирпича, перекрытиям из многопустотных плит, толстым кирпичным стенам между квартирами. В большинстве квартир гостиная расположена рядом с кухней и не отделена от неё несущей стеной, что позволяет сделать проем между помещениями. Высокую оценку жителей получили санузлы с поперечно расположенной ванной и местом для стиральной машины. Трех и четырехкомнатные квартиры выходят на две стороны света. Однако, были отмечены и недостатки. К ним относятся малые площади квартир, особенно гостиных, низкие потолки. Но цена на эту серию держится на достаточном уровне, из-за того, что в проекте предусмотрено большое количество многокомнатных квартир. А конструктивная схема с продольной несущей стеной позволяет передвигать перегородки, объединяя комнаты увеличивать их площадь.

ВЫВОДЫ

Мониторинг жилища после заселения, посредством оценки его конструктивных, эксплуатационных, экологических качеств, способствует высокой жизнеспособности и развитию устойчивого процесса функционирования жилой среды [4,6]. Подробный анализ потребительских свойств жилища необходим для объективной оценки недостатков некоторых серий, и будет непременно востребован в России. Такой анализ способен повышать экономическую эффективность и привлекательность жилища для потребителя и облегчать работу риэлторов.

Несмотря на очевидное несоответствие «оценки» жилища архитектурным сообществом и потребителем, она не стала всеобщей практикой. Причины кроются в нежелании обнародовать проблемы той или иной серии жилища. «Ни одна из строительных профессий не заинтересована в том, чтобы ее работа оценивалась посторонними, над которыми она не имеет никакого контроля», а некоторые заказчики РОЕ за рубежом настаивают, чтобы результаты оценки были доступны только им [5, р. 30].

РОЕ – это полезная не только для потребителя, но и нужная для обучения студентов-архитекторов информация, способная повысить качество архитектурных решений, нацеленных на устойчивое развитие и социальную доступность жилища.

Авторы благодарят студентов Вологодского государственного университета за помощь в проведении обследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кияненко К.В. Оценка после заселения»: от архитектуры к среде [Электронный ресурс] / К.В. Кияненко // Архитектон: известия вузов. – 2016. – №3(55). – Режим доступа: http://archvuz.ru/2016_3/2.
2. Жданова И.В. Архитектурные методы оценки и совершенствования потребительских свойств жилой среды: автореф. дисс. ... канд. архитектуры / И.В. Жданова. – Нижний Новгород: НГАСУ, 2013. – 24 с.
3. Post-Occupancy Evaluation of Main Library [Электронный ресурс] / San Francisco Public Library. – Режим доступа: <http://sfpl.org/index.php?pg=2000043301> Дата обращения: 10.10.20.
4. Анисимова, Л.В. Архитектура границ общественных и частных пространств в городской среде/Л.В. Анисимова, Ю.В. Анисимов//Вестник кыргызско-российского славянского университета. Серия Естественно-технические науки.-2017.- том 17, №5.- С.120-125.

5. Learning from Our Buildings: A State-of-the-Practice Summary of Post-Occupancy Evaluation [Электронный документ]/ Federal Facilities Council, Board on Infrastructure and the Constructed Environment, National Research Council. – 2002. – Режим доступа: <http://www.nap.edu/catalog/10288.html> Дата обращения: 10.10.20
6. Скачков П.А. Количественная оценка целесообразности развития застроенных жилых территорий / П.А. Скачков, О.С. Горнева // Архитектон: известия вузов. – 2015. – № 49. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2015_1/10/ Дата обращения: 12.10.20

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ НОВЫХ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭКОТУРИЗМА В ИСТОРИЧЕСКО-КУЛЬТУРНЫХ ЗАПОВЕДНИКАХ, НА ПРИМЕРЕ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА

А.Е. Балакина¹, В. Хербез²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹pz@mgsu.ru

²v.herbez@yahoo.com

Аннотация

Скадарское озеро, расположенное в Черногории представляет собой уникальный природный объект, где сочетаются благоприятный климат, разнообразие флоры и фауны и экологически чистая природа. Многочисленные культурно-исторические памятники, а также места археологических раскопок, монастырские комплексы и крепости находятся по всему бассейну Скадарского озера. Отличное географическое положение и богатое историческое наследие являются превосходными данными для дальнейшего культурно-рекреационного развития озера.

Основными проблемами в зоне Скадарского озера являются: отсутствие экологического регулирования и вследствие этого деградация природного ландшафта, сокращение традиционной хозяйственной деятельности, недостаточное развитие объектов инфраструктуры, сложная экономическая ситуация в регионе, нереализованные природные и человеческие ресурсы.

Выбранным сценарием для развития Скадарского озера является устойчивое развитие охраняемой территории национального парка с целью защиты природного и культурного наследия, биоразнообразия, исторического наследия и природы. Для устойчивого развития озера и использования его потенциалов необходим стратегический и системный подход. Важно рассматривать озеро как единое целое и прийти к модели развития которая будет уникальной, отвечающей условиям формирования объектов экотуризма, которые соответствуют принципам устойчивого развития и принесут пользу как природе так и посетителю.

Для развития экологического туризма на Скадарском озере рассматривается внедрение архитектурных кластеров в форме глэмпинга. Скадарское озеро представляет собой огромный потенциал для развития устойчивых архитектурных кластеров. Объемно-планировочные решения малых архитектурных объектов, используемые для реализации в форме глэмпинга весьма разнообразны. Это легкие домики, жилье в форме сфер, дома на деревьях, комфортные шатры, футуристичные сферы, капсулы в природе.

Уникальность глэмпинга состоит в создании уникальной атмосферы, максимального комфорта с минимальными затратами, установки в уникальных местах, не доступных для капитального строительства, оптимальном сочетании максимального комфорта с максимальной экологичностью, быстром возведении объектов, создании сезонных и внесезонных объектов, заботы об окружающей среде и мобильности.

Ключевые слова: глэмпинг, экотуризм, малые архитектурные объекты, мобильные дома, креативное размещение.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее распространение получает разработка устойчивых, архитектурно-планировочных решений, предназначенных для размещения в условиях особо ценных природных территорий.

Скадарское озеро это национальный парк, который отличается уникальной природой, разнообразием и богатством животного и растительного мира. Крупнейшее на Балканах

Скадарское озеро является одним из пяти заповедников в Черногории. Две трети озера принадлежит Черногории и одна треть Албании. Черногорская часть территории площадью 400 кв. км охраняется с 1983 года. Кроме красивой природы, территория озера также включает в себя крутые горы, островные монастыри, чистую воду и плавучие луга водяных лилий. Особенностью озера являются и многочисленные посёлки вдоль берега озера, которые свидетельствуют о традициях и характеристиках местности.

Следует отметить, что уникальность Скадарского озера требует особого подхода в решении архитектурно-строительных задач. Актуальность темы обосновывается необходимостью разработки объёмно-планировочных решений для будущего развития территории Скадарского озера и раскрытия его потенциалов. Цель исследования состоит в определении принципов, которые необходимо учитывать в процессе разработки новых архитектурно-планировочных решений. Задачи исследования состоят в определении видов туристической деятельности, возможных объёмно-планировочных решений, а также предположении их влияния на экологию, экономику и общество. Решение данных задач является необходимым этапом для дальнейшего развития туристической деятельности на охраняемой территории заповедника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве методов исследования были использованы анализ, изучение и классификация.

Скадарское озеро - самое большое озеро в Черногории и на Балканском полуострове (Рис.1). Оно принадлежит трем муниципалитетам: г.Подгорица, г.Цетинье и г.Бар (Рис.2). Из столицы Черногории, г.Подгорица до Скадарского озера можно доехать на машине или на поезде.



Рис. 1. Самое большое озеро в Черногории



Рис. 2. Расстояние Скадарского озера от муниципалитетах которым принадлежит

Фундаментальным требованием для достижения устойчивого развития, будь то посредством туризма или другой социально-экономической деятельности, является принятие новой социальной парадигмы, относящейся к устойчивой жизни [1]. С изменениями спроса туристов и их модели поведения также меняется и туристическое предложение. В 21.веке идет тенденция развития осознанного и ответственного поведения туристов к природе, а также поиск новых впечатлений [1].

Антропогенные факторы, такие как эксплуатация гравия и песка, вырубка лесов, рыбалка и незаконное строительство представляют угрозу для Скадарского озера. В настоящее время отсутствует соответствующая научная база которая могла бы служить отправной точкой в его дальнейшем развитии. Для развития новых объёмно-планировочных решений на Скадарском озере и для развития его потенциала необходимо создание научной базы.

Отсутствие экспериментальных разработок и научной базы по КОиОРК (курортно-оздоровительный и образовательно-рекреационный комплекс) в экологических поселениях – одна из причин нерационального природоиспользования, сложностей освоения территории экологических поселений, проблем сложившейся системы расселения, отставания в экономическом развитии малого и среднего бизнеса [2]. Наличие ценной природной территории позволяет создать курортно-оздоровительный центр с возможностью активного отдыха на территории поселка и обширной рекреации [2]. Некоторыми из возможных активностей на Скадарском озере являются: культурно-просветительские, исследования, образование, спорт – рыбалка, экскурсии, мероприятия развлекательного и этнографического характера, а также виды туризма: оздоровительный, аграрный, религиозный, рекреационный итд. [3].

Экотуризм появился в ответ на изменения в модели поведения туристов. Данный вид туризма подразумевает активное время проведения человека в природной среде, не только с использованием рекреационных и познавательных возможностей, но и учитывая их сохранение [4]. Корни этого растущего интереса к экотуризму лежат главным образом в появлении движения альтернативного туризма как реакции на растущее внимание к негативным последствиям традиционного массового туризма. Он широко рассматривается как проявление альтернативного туризма, который имеет место в естественной среде, и как особая форма устойчивого развития туризма [5]. В целях сохранения природных и исторических ценностей, экотуризм следует подчеркнуть как основное направление развития туризма на Скадарском озере.

В соответствии с определением Всемирной туристской организацией, цели экотуризма состоят в защите и сохранении природы, повышении знаний и осведомленности о местной культуре, создании рабочих мест, повышении осведомленности туристов о вопросах устойчивого развития и продвижения практики устойчивого туризма, максимальное использование «зеленых технологий». В отличие от массового туризма экологический туризм это персонализированный туризм и направлен на содействие экологии и сохранению окружающей среды, также требует постоянного мониторинга воздействия человека [6]. Развитие экотуризма на Скадарском озере принесет пользу как природе так и местному населению, а также привлечет посетителей которые в поисках новых впечатлений.

Одной из стратегией развития экотуризма является глэмпинг (Рис 3). Данная стратегия сочетает в себе полное погружение в природу и уважение к окружающей среде. Глэмпинг (сочетание слов «гламур» и «кемпинг») определяется как тип кемпинга, более удобный чем традиционный кемпинг [7]. Упомянутая стратегия развития туристической деятельности только начинает развиваться на Скадарском озере и предполагается, что через несколько лет станет доминирующей.



Рис.3. Взаимотношение экотуризма и глэмпинга

Для того чтобы быть конкурентоспособными на взыскательном туристическом рынке, по всей Европе стремятся внедрят инновации и постоянно идет поиск новых креативных типов размещения, которые не зависели бы от погодных условий и помогли бы смягчить влияние сезонности на развитие туристской индустрии [8]. Объемно-планировочные решения

которые могут позволить развитие экотуризма через глэмпинг должны представлять собой малые и мобильные архитектурные объекты которые бы гармонично вписывались в существующую среду (Рис.4).



Рис.4. Примеры малых архитектурных объектов

Новые сегменты туристического рынка можно было привлечь с помощью инновационных типов жилья с акцентом на экологию, здоровье, приключения и впечатления [8]. Тенденция к размещению в глэмпинге также влияет на развитие так называемой мобильной архитектуры, которая призвана гарантировать прием большого числа посетителей при минимизации воздействия на окружающую среду за счет использования гибких и подвижных конструкций [9]. Кроме того, популярность активного отдыха как мирового тренда стала альтернативой сезонности. Глэмпинг организованный в виде мобильных домиков, сферических форм или шатров, на Скадарском озере даст посетителям возможность полностью погрузиться в природу, не нарушая ее.

Так как новые малые архитектурные объекты должны быть мобильными, а также гармонично вписываться в среду, нужно предусмотреть использование легких конструкций и экологических материалов.

Желание повторить и понять принципы строения живых организмов переросло в новое направление – архитектурную бионику, в котором всецело раскрылась идея переноса моделей природы в сферу деятельности людей по созданию зданий и сооружений [10]. Архитектурная бионика тесно связана с глэмпингом так как она основывается на устойчивому развитию, подражании природным формам и на поиске взаимосвязи между природной формой и функцией объекта. Минимальное воздействие на окружающую среду можно осуществить использованием архитектурных объектов из облегченных оболочек, переплетенного углеродного волокна, мембраны из фторопласта, из измельченных раковин моллюсков, кирпичей из микроорганизмов и биоцемента итд. [10].

Создание новых архитектурно-планировочных решений сможет раскрыть потенциал Скадарского озера и подчеркнуть подлинно сохранившиеся объекты народной, традиционной архитектуры, дома и деревни, созданные в единстве природных условий и хозяйственной деятельности [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Скадарское озеро является нераскритым туристическим и культурным потенциалом Черногории. Ресурсы которыми обладает озеро не только природные но также и культурные и исторические (Рис.5). На Скадарском озере можно заниматься разными видами туристической деятельности, производством вина, фруктов, пчеловодством, лечебными травами, скотоводством, рыбалкой, посещать церкви и монастыри, кататься на лошадях, заниматься разными видами спорта итд. Выделены места для развития упомянутых активностей (Рис.6).



Рис.5. Исторически важные места



Рис.6. Обозначены места для глэмпинга

Озеро занимает огромную территорию развитие которой следует направить на экотуризм. Для развития экотуризма необходимо участие местного населения а также и посетителей. Нужно создать устойчивую связь и замкнутый цикл между людьми и природой, которые будут включать новые впечатления и заботу об окружающей среде. На территории Скадарского озера могут развиваться разные виды туризма (Табл. 1).

Таблица 1. Виды туризма который могут развиваться на Скадарском озере

<i>Рекреационный</i>	<i>Сельско-хозяйственный</i>
<i>Экскурсионный</i>	<i>Верский</i>
<i>Спортивный</i>	<i>Викэнд</i>

На территории Скадарского озера существует несколько видов размещения для туристов: гостиницы, апартаменты и бунгало (Табл.2). В настоящее время самый распространенный тип размещения на Скадарском озере это апартаменты и аренда комнат в частных домах. Общая вместимость туристов 200.

Таблица 2. Виды размещения на Скадарском озере

<i>Вид размещения</i>	<i>Гостиницы</i>	<i>Апартаменты</i>	<i>Глэмпинг - бунгалов</i>
<i>Количество</i>	2	20	2

Количество посетителей растет из года в год но существующее размещение для туристов не обустроено и не оборудовано на должном уровне. В 2019.г. заметен значительный рост количества туристов (Рис.7).

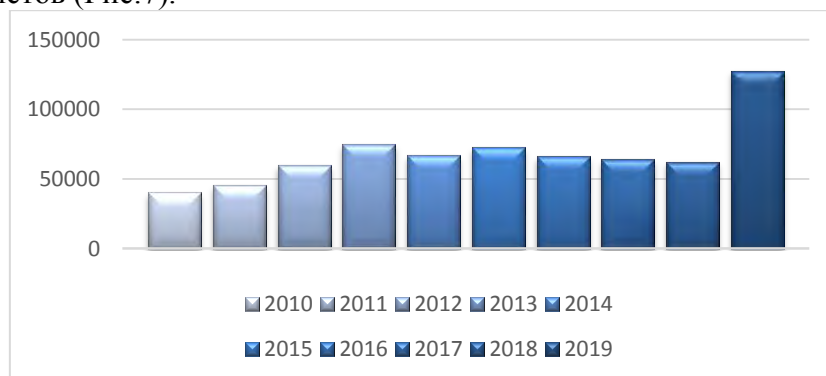


Рис.7. Изменение количества посетителей в период 2010-2019г.

Системный подход в развитии кластеров основанный на глэмпинге как виде экотуризма может решить существующие проблемы местных жителей и производителей органических продуктов. Глэмпинг на Скадарском озере будет объединять всех участников в одну систему: местных проживающих и производителей органических продуктов, природные ресурсы и архитектурно-историческое наследие, обеспечивая туристам незабываемый опыт погружения в природу, без нанесения вреда. Через мобильные, модульные архитектурные решения, которые могут отличаться в разных частях озера, можно через минимальные затраты обеспечить максимальную выгоду для посетителей и для туристской индустрии. Новизна доклада состоит в раскрытии темы глэмпинга и малых архитектурных объектов на Скадарском озере которые являются малоизученной областью.

ВЫВОДЫ

Как уже отмечено, основными факторами, влияющими на развитие Скадарского озера, являются природные условия и историческо-культурные предпосылки. Дальнейшее развитие территории Скадарского озера зависит от связи которая будет создана между озером и человеком. Связью которая будет полезной для обеих сторон является экотуризм. Развитие экотуризма может способствовать возрождению культурных ценностей, охране и восстановлению исторического наследия, а также улучшить экономическое положение местных жителей предоставляющих туристические услуги. Глэмпинг как стратегия развития экотуризма через полное погружение в природу, может осуществляться через малые, мобильные, модульные архитектурные объекты, сгруппированные в тематические кластеры. Таким образом, глэмпинг как новый и креативный вид размещения напрямую будет связан с развитием и улучшением уже существующих деятельностей на Скадарском озере, а также будет способствовать их сохранению. Тематические кластеры будут мобильными, построены из экологических строительных материалов и легких конструкций. Для осуществления замкнутого цикла также нужно предусмотреть систему сбора и очищения воды, солнечные батареи, сортировку, переработку мусора и ветровые турбины. В кластерах нужно выделить территорию для выращивания фруктов и овощей которые будут использоваться посетителями. Кластеры будут представлять собой замкнутый цикл в котором не будет лишних. Независимо от сезона следует предусмотреть: образовательную программу, семинары, исследование, мастер-классы, детские занятия и экскурсии для различных категорий туристов. А также велосипедные и пешие прогулки. Таким образом будет развиваться экологический туризм, который будет способствовать улучшению состояния природы. Историческое наследие станет ближе посетителям через образовательные программы в кластерах. Экологический и устойчивые аспекты будут реализованы через замкнутые циклы и жизнеспособные кластеры. Таким образом можно решить проблему сезонности туризма на Скадарском озере и включить местное население в туристическую деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sharpley, R. (2002) The consumption of tourism. In R. Sharpley and D. Telfer (eds) *Tourism and Development: Concepts and Issues*. p. 300–318
2. Балакина А.Е., Дуничкин И.В., Кочанов О.А., Золотарев А.А. Экологически ориентированные курортно-оздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». 2011. Вып.9. С.30-32. Режим доступа: <http://pgs1923.ru/ru/index.php?m=4&y=2011&v=09&p=00&r=10>. Дата обращения: 25.09.20.
3. З.Вуксанович Д., Попович С. Архитектурный атлас Черногории // Республика Черногория, Министерство экономического развития, по заказу Технического сотрудничества Германии. 2006. Режим доступа: <https://www.yumpu.com/en/document/read/51259662/arhitektonski-atlas-crne-gore-architectural-atlas-of-vlada-crne-gore>. Дата обращения: 24.09.20.
4. Миркин Б.М. Туризм и охрана природы: компромисс возможен / Б.М.Миркин. - Экология и жизнь. 2009. №2. С.29-32
5. Clarke, J. (2002) A synthesis of activity towards the implementation of sustainable tourism: Ecotourism in a different context. *International Journal of Sustainable Development* 5 (3), 232 – 250

6. Кипер Т. Роль экотуризма в устойчивом развитии, «Достижения в Ландшафтной архитектуре». Издание Мурат Озьявуз. Интех, 2013.
7. Kurlito M. Sustainable Management of Lakes taking into consideration the Tourism and Nature Conservation in Australian and New Zeland // Polish Journal of Natural Science. 2013. Vol 28(1). P.91-106. Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/53110131.pdf>. Дата обращения: 24.09.20.
8. Cvelic-Bonifacic J., Milohnic I., Cerovic Z. Glamping - Creative accommodation in camping resorts: insights and opportunities (Глэмпинг - Креативное размещение в кемпингах: идеи и возможности) // Conference: Tourism in Southern and Eastern Europe 2017: Tourism and Creative Industries: Trends and Challenges. 2017. P.101-114. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/321131206_GLAMPING_-_CREATIVE_ACCOMMODATION_IN_CAMPING_RESORTS_INSIGHTS_AND_OPPORTUNITIES. Дата обращения: 25.09.20.
9. Rucivero, M. (2012). Camping and Open-Air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. Conference of the International Forum on Urbanism. "6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU): TOURBANISM p. 1-9). Barcelona: Univesitat politecnica de Catalunya, Barcelonatech.
10. Витюк Е.Ю., Уморина Ж.Е. Природные технологии как новый принцип формообразования в архитектуре // Вестник Томского Государственного Архитектурно Строительного Университета. 2018. Вып.4. С55- 64. Режим доступа: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/452/467>. Дата обращения: 26.09.20.
11. Бабич П., Вуксанович К. Пространственный план специального назначения, национальный парк Скадарское озеро. Книга 2 // Институт урбанизма и проектирования по заказу Министерства устойчивого развития и туризма Черногории. 2018. Режим доступа: [file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf). Дата обращения: 25.09.20.

БИОНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ТЮЗА В ГОРОДЕ-КУРОРТЕ АНАПЕ)

О.Л. Банцерова¹, Д.А. Шабаева²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*olga.bancerova@gmail.com*

²*dshabv@gmail.com*

Аннотация

В статье рассматриваются особенности применения бионических методов проектирования общественных зданий на примере объемно-пространственного решения ТЮЗа в системе ландшафтно-рекреационной организации Детского парка в городе-курорте Анапе. Применение этих методов способствует созданию рациональной архитектурно-планировочной организации общественных зданий. В рамках дипломного проектирования сделано предложение по концептуальному решению ландшафтной организации территории Детского парка и объемно-планировочному решению здания с использованием принципов биомиметики. Как известно, бионалоговый метод проектирования заключается в оптимальном решении архитектурных проблем с помощью использования принципов строения живой природы. В настоящее время широкое распространения получили принципы спиралеобразования и ветвления природных структур.

За основу концепции генерального плана участка был положен бионический принцип ветвления, один из основополагающих бионических принципов, существующий в природе. Форма ветвления встречается на всех структурных уровнях природных систем, начиная от молекулярного и заканчивая космогоническими образованиями. Она позволила оптимизировать, как людские, так и транспортные потоки и рационально использовать территорию. В основу объемно-планировочной организации ТЮЗа положен другой бионический принцип- спиралеобразование, при помощи которого получена компактная организация основных пространств. Этот принцип позволил создать как компактную в плане, так и динамическую в объеме архитектурную форму.

Анализ окружающего ландшафта акваториальной зоны Анапы послужил основой формирования образа ТЮЗа. Биоаналогом для создания образной характеристики здания выбрана природная форма раковины с жемчужиной. При проектировании конструктивного и композиционного решения волнообразного складчатого покрытия применен ряд Фибоначчи. Компактная спиралевидная форма дала возможность расположить в комплексе театра открытое амфитеатральное пространство, предназначенное для проведения различных мероприятий и репетиционно-педагогической работы и связанное с береговой линией и летними эстрадами на воде системой проходов и дорожек, живописно вписывающихся в окружающий ландшафт. Такая организация благоустройства территории в благоприятных природных климатических условиях Анапы позволяет создать многоплановое обширное сценическое пространство на открытом воздухе.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектура общественных зданий в настоящее время во многом основывается на использовании бионических методов проектирования. Современные архитектурные произведения отличаются такие свойства, как физическая легкость, прозрачность, пластичность, динамичность, способность к росту и развитию, которые существуют в живой природе. В монографии Ю.С. Лебедева «Архитектурная бионика» в 1990 году впервые в отечественной науке был предложен аппарат архитектурно-бионического моделирования. В данном научном труде автор отмечал цель изучения этих свойств: «Архитектурная бионика стремится изучить объективные закономерности проявления этих свойств и найти их

применение в архитектуре не только с целью решения чисто практических задач - конструирования, создания ограждающих поверхностей, организации среды и т.д., но и задач эстетических, связанных с гармонизацией функции, формы и техники.» [1]

Название бионика происходит от древнегреческого слова *bios* – живущее, ячейка жизни. Бионика – это отрасль науки, посвященная исследованию биологических систем и процессов. В настоящее время выдвигают три основных направления в этой науке: теоретическое, техническое и биологическое. Биологическое направление рассматривает процессы внутри биологических систем. Теоретическое направление занимается созданием различных моделей этих процессов, в том числе и компьютерных. Техническое направление отвечает за применение бионических моделей посредством создания инженерных сооружений и конструктивных систем. На пересечении этих направлений бионики находится архитектурная бионика. В англоязычной литературе употребляется термин биомиметика (от лат. *Bios* – жизнь, *mimesis* – подражание) – подход к созданию технологических устройств, при котором идея и основные элементы, устройства заимствуются у живой природы с целью использования полученных знаний в практической деятельности человека.

Архитектурная бионика или биомиметика изучает закономерности функционирования и формообразования биологических объектов с целью создания архитектурных и градостроительных систем, гармонизации архитектуры и природной среды. Одной из основных задач архитектурной бионики является поиск в биосистемах оптимальных архитектурных решений. Выделяются два фундаментальных бионических принципа создания гармоничной структуры - это спиралеобразование и ветвление. Они присущи живой природе на макро - и микроуровнях.

Спиральные формы существуют на различных уровнях природных образований, а также в растительных и животных организмах. Как известно, существует множество спиральных кривых (спираль Архимеда, гиперболическая спираль, логарифмическая спираль, параболическая спираль, спираль Корню, винтовая линия, конусообразный винт.) [1]. В современной архитектуре этот бионический принцип широко используется особенно для создания динамичных и компактных объемов. Ветвление - ещё одна основополагающая морфологическая характеристика природных систем. Ветвящиеся формы характерны для молекулярных структур и широко представлены в мире кристаллов и являются важной особенностью растительных организмов и распространены в животном мире. Этот принцип приобретает значение в градостроительстве при проектировании потоков транспорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для подробного рассмотрения особенностей бионических методов проектирования общественных зданий обратимся к примеру создания объемно-пространственного решения, ТЮЗа в системе ландшафтно-рекреационной организации Детского парка в городе-курорте Анапе. В рамках дипломного проектирования сделано предложение по концептуальному решению ландшафтной организации территории Детского парка и объемно-планировочному решению здания с использованием принципов биомиметики. Применение этих методов способствует созданию оптимальной архитектурно-планировочной организации общественных зданий

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архитектурная концепция Театра Юного Зрителя базируется на бионическом методе проектирования. Как известно, бионалоговый метод проектирования заключается в оптимальном решении архитектурных проблем с помощью законов строения живой природы. В настоящее время широкое распространения получили принципы спиралеобразования и ветвления природных структур. Примерами использования природного принципа спиралеобразования в архитектурном проектировании могут служить проекты спирального музея *Maison der Fondateurs* в Швейцарии, популярной архитектурной

компании BIG; Центр Гейдара Алиева в Баку, не менее популярной архитектурной компании Заха Хадид и др. Поэтому в основу архитектурной концепции формирования объёмно-планировочного решения здания ТЮЗа был принят принцип спиралеобразования, при помощи которого можно получить компактную форму и органически вписать ее в окружающий ландшафт. Для более оптимального освоения территории острова с учетом ее специфики, применен другой бионический принцип – принцип ветвления. Он широко распространен в градостроительстве и позволяет рационализировать транспортную структуру и параметры движения людских потоков.

Театр всегда занимал особо место в истории человечества являясь главным видом зрелищных искусств. Здание театра имеет градоформирующее значение, следовательно, опираясь на опыт проектирования можно сделать вывод, что его необходимо размещать в центральной части города и вблизи зеленой зоны, водоёмов с возможностью расширения зрительской зоны в виде летних театров и амфитеатров, что позволит в теплое время года использовать дополнительное пространство в качестве рекреационной зоны и для дополнительной педагогической работы. Таким образом, расположение ТЮЗа должно опираться на: хорошую транспортную и пешеходную инфраструктуру и обеспечивать взаимосвязь с другими зонами города, обладать достаточной свободной территорией для организации места проведения социально-политических, культурно-массовых и информационных мероприятий и обеспечивать дальнейшее развитие урбанизированной среды.

Для удовлетворения всех этих критериев был проведен анализ градостроительной ситуации города-курорта Анапа. В соответствии с ПЗЗ города-курорта Анапа 2019 года (План землепользования и застройки) было рассмотрено три возможных варианта расположения ТЮЗа и выбрана территория в соответствии с планом развития Анапы, которая будет осваиваться как ландшафтно-реакционная. Площадь незастроенной территории позволяет расположить здание ТЮЗа (около 1 га) и создать необходимую среду культурно-развлекательного и рекреационного характера. Ландшафтная организация местности предполагает строительство ТЮЗа с летними эстрадами, комплексами досуговых объектов, малых архитектурных форм и благоустройством территории.

В процессе поиска объёмно-пространственного решения территории парка с расположением ТЮЗа, спортивных площадок, детских площадок, летних кафе и павильонов был применен бионалоговый метод проектирование. (рис.1) Как отмечает Ю.С.Лебедев исследование законов живой природы и использование ее в архитектуре и градостроительстве является актуальным разделом научного направления [1]. За основу был принят принцип ветвления, один из основополагающих бионических принципов, существующий в живой природе, который достаточно широко применяется в организации и проектировании транспортных и людских потоков. В процессе проектирования были выделены следующие маршруты: (пешеходов, велосипедистов, автотранспорта), что дало возможность проложить пути движения потоков с оптимальной плотностью и интенсивностью от центра к периферии и рационально осваивать пространство острова. (рис.2а,б, в, г)



Рис. 1. Бионические аналогии

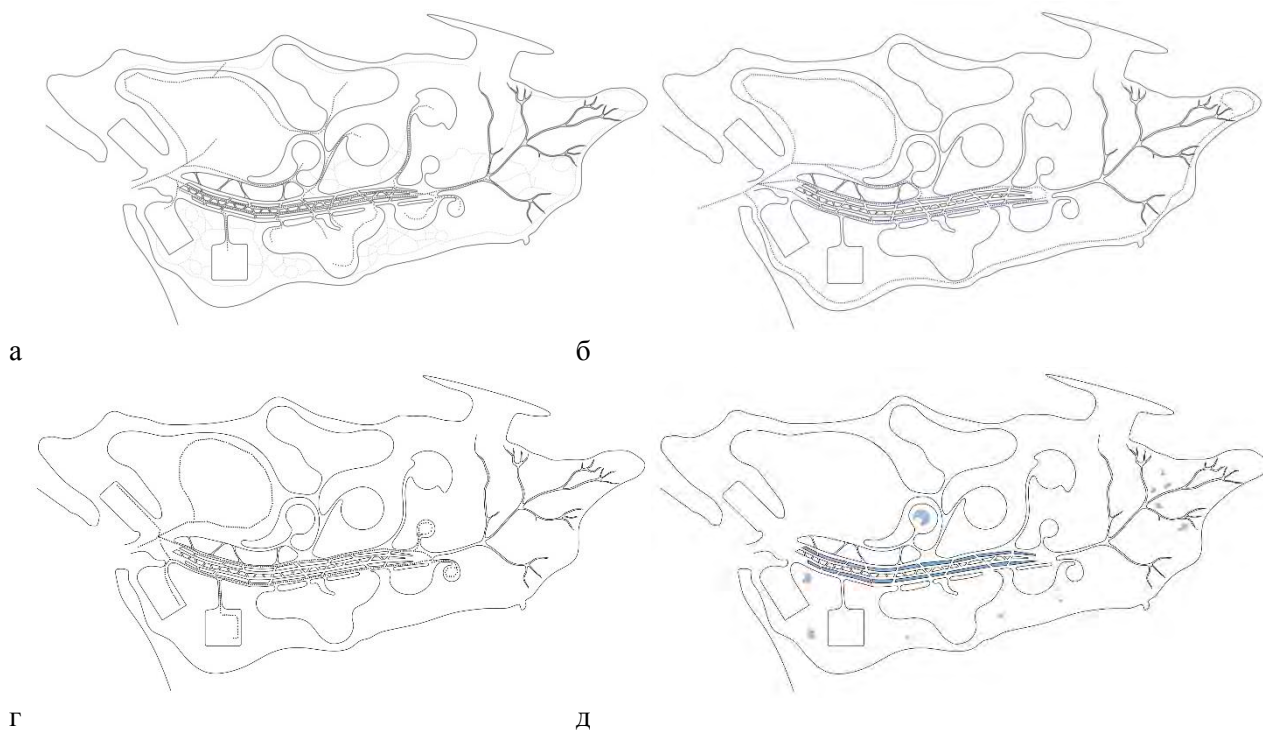


Рис. 2. Организация маршрутов на территории; а – маршрут пешеходных потоков, б- маршрут велосипедных дорожек, в- маршрут служебного автотранспорта, г-дополнительное обводнение территории.

На территории Детского парка от основной транспортно –пешеходной оси с озелененным бульваром расходятся пути к ландшафтно- организованным зонам, на одной из которых предполагается размещение здания ТюЗа с каналами, открытыми амфитеатрами, озелененными площадками, местом для театрализованных представлений на открытом воздухе.(Рис.2; г) Предполагается так же размещение флорариума и оранжереи. Такой метод проектирования ландшафтной организации парка с Детским театром позволит оптимально использовать территорию острова и получить достаточно большой процент озеленения с выгодными видовыми точками на окружающий ландшафт.



Рис. 3. Концепция архитектурно-градостроительного решения

Объемно планировочное решение ТЮЗа разработано на основе бионического принципа спиралеобразования. (Рис.4) Этот принцип позволяет создать компактную в плане и динамическую в объеме архитектурную форму.(Рис 5) Данный образ вытекает из окружающего ландшафта в акваториальной зоне Анапы. Биоаналогом создания образной характеристики здания послужила раковина с жемчужиной, в которой присутствуют две природные формы : яйцевидная и форма ракушки. В композиционную основу волнообразования конструкции складчатого покрытия положен ряд Фибоначчи. Яйцевидная форма зала формируется при помощи металлических арок и легкого скорлупообразного покрытия. Яйцевидную форму зала с правой стороны обнимает объем, относящийся к сценической части с эксплуатируемой озелененной кровлей. От главного входа на эту кровлю, имеющую несколько уровней и зенитные фонари верхнего освещения, ведёт наружный пандус. Через фонари можно наблюдать внутреннюю жизнь театра. Озелененное покрытие запроектировано с применением прогрессивной технологии фирмы ZinKo .Пандус заканчивается смотровой площадкой и спуском в открытый амфитеатр.



Рис. 4. Эскизы объемно пространственного решения ТЮЗа

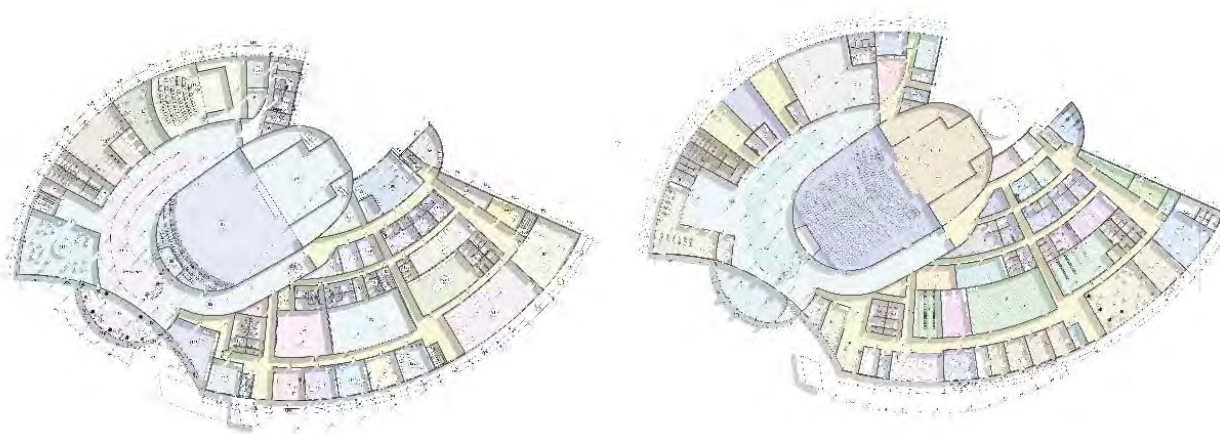


Рис. 5. Объемно-планировочное ТЮЗа.

В комплексе театра располагается летний амфитеатр, предназначенный для проведения различных мероприятий в летнее время года, рекреационных функций, репетиционно-педагогической работы. Открытое амфитеатральное пространство связано с береговой линией через проходы и дорожки, живописно вписывающиеся в окружающий ландшафт и связывающие здание ТЮЗа с дополнительными летними эстрадами, расположенными на воде. Такая организация благоустройства территории в благоприятных природных климатических условиях Анапы позволяет создать многоплановое обширное сценическое

пространство на открытом воздухе. Проектом предусмотрены следующие планировочные элементы: раздвигающаяся наружная стена задника сцены основного зрительного зала, открытое амфитеатральное пространство, летние сцены- эстрады, расположенные на береговой линии, озеленение и обводнение территории участка ТЮЗа, которые призваны решить проблему ландшафтно-рекреационного освоения резервных территорий в соответствии с планом землепользования и застройки города курорта Анапы.(Рис.6)



Рис. 6. Общий вид ТЮЗа

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследуя современное состояние архитектурного проектирования общественных зданий можно сделать вывод о том, что практика изучения и разумного использования законов природы позволяет создать оптимальные по многим параметрам и эстетически значимые архитектурные формы. Используемый при создании объемно-пространственной организации участка строительства бионический принцип ветвления позволил рационально организовать людские и транспортные потоки, а закон спиралеобразования сформировать компактную и динамичную форму здания ТЮЗА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архитектурная бионика. Лебедев Ю.С. (ред.). 1990г. изд. Стройиздат. 270с.
2. Градостроительный план города-курорта Анапа 2016г.
3. Дмириевский В.Н. Театр юных поколений, 1975г. изд. Искусство. Ленинградское отделение, 216с.
4. Рой О.М. Основы градостроительства и территориального планирования. Учебник и практикум для вузов. Издательство Юрайт, 2017, 234с
5. План землепользования и застройки города-курорта Анапа 2019г
6. Архитектура деловых центров особых экономических зон. Биоаналоговый метод проектирования. Монография. Банцера О.Л., Коста А.А., 2017.
7. Специфика понятий бионика и биомиметика. Гридюшко А.Д., Материалы международной научно-практической конференции. Сборник статей, МАРХИ 2012г.
8. Системные технологии научно-практически журнал 1 (№34) 2020. О.Л. Банцера, Д.А. Шабаева. Формирование объемно-пространственного решения детского театра с ландшафтно-рекреационными функциями в городе-курорте Анапе

ПОСЛЕДСТВИЯ УСТОЙЧИВОГО ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В КЕНИИ

А.А. Бенуж¹, О.У. Йейе²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹abenuzh@gmail.com

²dwayneyeye@gmail.com

Аннотация

В отличие от темпов урбанизации в Кении, постоянно увеличивающиеся масштабы роста городов, обусловленные массовыми демографическими сдвигами, беспрецедентны и имеют огромные последствия для здоровья, благосостояния и окружающей среды. Являясь горячими точками потребления, производства и образования отходов, кенийские города обладают беспрецедентным потенциалом для повышения энергоэффективности и устойчивости общества в целом. Тенденция урбанизации и роста населения оказывает огромное давление на природные ресурсы, причем научные данные свидетельствуют о тенденции выходить за пределы устойчивых пределов. Экологически устойчивые городские районы с высоким качеством жизни являются одной из главных целей развития не только в Кении, но и во всем мире. Строительный сектор вносит свой вклад в ухудшение состояния окружающей среды в среднем по миру, оценивая его в 30-40 процентов. В этом исследовании анализируется существующая передовая практика, концептуальные основы и эмпирические данные о преимуществах экологически обоснованного и устойчивого строительства зданий и сооружений. В нем освещаются мнения заинтересованных сторон в отрасли строительства окружающей среды Кении о важности отдельных экологических критериев и общепринятых стратегий зеленого строительства. Благоустройство трущоб, повторное использование отходов, инициативы по переработке и сокращению отходов, а также создание связи между новыми строительными разработками и районами занимают первое место в списке ведущих стратегий в области экологической устойчивости в секторе застроенной окружающей среды. Здоровье и безопасность, а также качество воздуха также высоко оцениваются заинтересованными сторонами. Полученные результаты предполагают большую потребность в совместной разработке политики и технологий для обеспечения устойчивой городской застройки, рационального планирования и повестки дня экологической политики, экономических стимулов, направленных на позитивное влияние на исследования, и инноваций, ведущих к улучшению экологических стандартов.

ВВЕДЕНИЕ

Неустойчивая человеческая деятельность приводит к деградации жизненно важных функций жизнеобеспечения, которые здоровая окружающая среда предлагает человечеству и всем формам жизни. Окружающая среда, в которой мы живем и работаем, деградирует из-за расточительного использования энергии, материалов, воды и т. д. [1]. Поэтому исследования по рассмотрению ключевых предложений и рекомендаций в области экологической устойчивости с целью обеспечения достойного жилья, безопасной питьевой воды и адекватной санитарии по-прежнему имеют огромное значение.

Кения, как и многие другие развивающиеся страны, в большей степени зависит от природных ресурсов для поддержания своей повестки дня в области устойчивого развития. Строительный сектор Кении является ключевым игроком в вопросах экологической устойчивости. Диаграмма потребления ресурсов в развивающихся странах показана на рис.1. Например, исследования показывают, что строительный сектор несет глобальную ответственность за 30-40 процентов всех депонированных отходов, за все виды использования энергии в нашем обществе и за все материальные потоки [1]. Исследования

также показывают, что экологически чистое проектирование зданий, стратегическое планирование строительства и энергоэффективные операции в строительном секторе во всем мире могут значительно сократить почти 1,8 миллиарда тонн углекислого газа, выбрасываемого в окружающую среду, обеспечивая при этом другие преимущества для здоровья окружающей среды и экономию затрат [1].

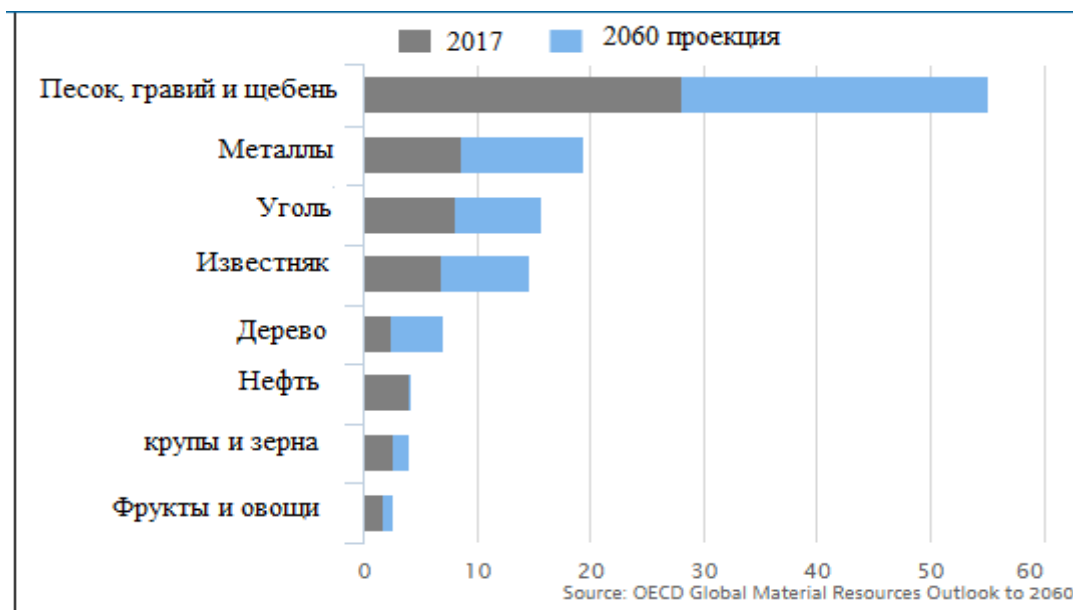


Рис. 1. Потребление сырья в развивающихся странах

Функционирующий строительный сектор важен для реализации концепции развития Кении до 2030 года [2]. Изменения в землепользовании от сельского к городскому влекут за собой строительство и строительные работы в огромных объемах с далеко идущими экологическими последствиями, включая, но не ограничиваясь ими, воду, почву, шум и воздух; загрязнение; потерю биоразнообразия; и деградацию естественной эстетики ландшафта [1]. Экстенсивное потребление энергии и водных ресурсов, а также образование отходов при эксплуатации зданий по-прежнему представляют собой угрозу.

Строительная отрасль обладает огромным потенциалом для создания рабочих мест, и исследования показывают, что эта отрасль обеспечивает занятость примерно 7% от общей численности занятой рабочей силы по всему миру. Мировая строительная отрасль в настоящее время составляет около 13% мирового ВВП, и это число увеличится до 15% в 2020 году [1]. Это также означает, что некачественные здания представляют угрозу как для людей, так и для окружающей среды, что требует принятия политики, направленной на устойчивое строительство. Жилищный сектор Кении прямо или косвенно включает в себя местное содержание более чем на 90 процентов, и поэтому инвестиции в устойчивое строительство и должным образом скоординированное городское планирование могут оказать прямое положительное воздействие на национальный доход, оказывая влияние на дополнительные инвестиции в производство строительных материалов, транспорт, маркетинг и развитие инфраструктуры [4].

Были проведены различные исследовательские работы, которые коррелируют между построенной окружающей средой, выбросами транспортных средств, качеством воздуха, физической активностью и общественным здоровьем [5]. Строительная индустрия наносит вред окружающей среде, изменяя ландшафты и экосистемы. Шум и строительные отходы также являются помехой для окружающей среды. Разрушение экосистем, эрозия почв, загрязнение воды, почвы и воздуха, а также изменение климата под влиянием обезлесения и неправильного использования энергии относятся к числу серьезных нелокализованных экологических последствий. На долю жилых зданий приходится большая часть энергии, используемой в этом секторе, иногда превышая 90 процентов в развивающихся странах [1].

Обнадеживает тот факт, что общественность хорошо осведомлена об этих негативных событиях. Последовательное общественное противодействие строительству амбициозной двухэтажной скоростной автомагистрали, проходящей через парк Ухуру, и цементного завода в Китенгеле из-за страха загрязнения воздуха и конфликта с окружающим землепользованием показывает, как кенийская общественность стала осознавать экологические проблемы и гармонию новых разработок со своими кварталами в застроенной среде (иллюстрация на Рис.2).



Рис. 2. Дизайн-образ двухэтажной скоростной автомагистрали в г. Найроби

Стратегический план министерства жилищного строительства Кении на 2013-2018 годы [3] осуждает ограниченные возможности научно-исследовательских учреждений по проведению исследований в области устойчивых строительных материалов и технологий. Отсутствие надлежащего и надежного законодательства для координации, руководства, регулирования, мониторинга и оценки жилищного сектора упоминается как препятствие для устойчивого строительства в стране. Кенийское Видение 2030 года гласит: “кенийские города и поселки плохо спланированы. Поэтому существует острая необходимость в создании эффективного потенциала для планирования регионального и городского развития” [3]. Отсутствие профессионализма действительно имеет место, о чем свидетельствуют более 75 процентов зданий в Найроби, которые не проектируются и не контролируются специалистами в области строительства. Последствиями такого строительства являются обрушение зданий, проиллюстрированное на Рис.3.



Рис. 3. Обрушившийся шестиэтажный жилой дом в г. Найроби

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Строительная отрасль оказывает огромное влияние на окружающую среду-от потребления энергии до выбросов вредных веществ. Это объясняет, почему концепция устойчивого строительства и ее практическая осуществимость занимают ключевое место в дебатах о глобальном развитии. Глобальный консенсус в отношении концепции устойчивого строительства заключается в том, что она подчеркивается строительными методами, ресурсами и строительными практиками, которые время от времени развиваются, и с повышением интереса к устойчивости и энергосбережению разрабатываются и, следовательно, используются новые материалы и методы строительства, которые фокусируются на устойчивости [1].

Концепции устойчивого строительства принимаются и пропагандируются различными советами по экологическому строительству. “Зеленое строительство” означает переход от стандартных методов строительства, обычно руководствующихся краткосрочными экономическими соображениями, к “лучшим методам”, подчеркивающим качество строительства, энергоэффективность, качество воздуха в помещениях, сохранение водных и других природных ресурсов, а также продуманное планирование и проектирование для повышения производительности труда и здоровья человека. Он использует подход жизненного цикла, оценивая совокупное экологическое и социальное воздействие здания на протяжении всего срока его службы, от строительства до использования и сноса [7].

Всемирный Совет по экологическому строительству (WGBC) выдвинул новые концепции “озеленения” строительного сектора. Его миссия состоит в том, чтобы “ускорить рыночную трансформацию мировой индустрии недвижимости в направлении устойчивого развития”. Во многих странах уже существуют “советы по экологическому строительству”. Кенийское общество зеленого строительства (KGBC) проводит кампании за экологически устойчивые города и мегаполисы. Это мотивировало концептуальные рамки, основанные на академических областях, особенно на городской экологии и экологической экономике. Были также разработаны модели для изучения городских экосистем и устойчивого строительства и строительства. Такие модели должны обеспечивать, чтобы:

Устойчивость и экологическая справедливость обеспечивают контекст для исследований.

Участие в исследованиях принимают жители города.

Общественное просвещение по вопросам городских экосистем ориентировано на использование как неформальных, так и формальных методов для охвата различных групп городских жителей.

Исследования показывают, что зеленые офисные помещения повышают производительность труда сотрудников, их удержание и здоровье [8]. “Зеленые” здания получают эти преимущества главным образом от адаптации дизайна, в отличие от новых технологий. Исследования также связывают экологические атрибуты, такие как близость к рекреационным объектам, эстетические качества улиц и восприятие безопасности, с общим уровнем физической активности [5]. Экологически сознательный дизайн в строительном секторе может значительно снизить глобальную деградацию окружающей среды [7].

Использование строительных материалов, которые могут быть переработаны, использование низкоэнергетического электрооборудования и максимальное естественное освещение при проектировании зданий могут снизить потребление энергии с 25% до 35%, а в наиболее эффективных зданиях-даже более чем в два раза. Эти стратегии обеспечивают значительную долгосрочную экономию средств и сокращение выбросов парниковых газов. Исследования показывают, что использование переработанных строительных материалов экономит от 12 до 40 процентов общей энергии, используемой при производстве материалов [1]. Первоначальная стоимость зеленого строительства, как правило, выше, чем у обычного строительства. Исследования показывают, что разница минимальна (всего 2% согласно исследованию 2003 года, спонсируемому советом по экологическому строительству США), и что долгосрочные выплаты быстро компенсируют эти первоначальные инвестиции.

Например, типичный срок окупаемости проектов в Индии, по оценкам, составляет от трех до семи лет [7].

Методология исследования здесь основывается на обзоре исследований в области устойчивого развития и существующих руководящих принципах экологической оценки и устойчивого строительства. Определены основные показатели экологической устойчивости застроенной среды и сформулирован многокритериальный анализ различных мнений и стратегий заинтересованных сторон [9].

Местный план физического развития Каренгаты и видение Кении на период до 2030 года содержали вторичную информацию о политических целях жилищного и строительного сектора Кении. Данные по ключевым экологическим критериям были получены из обзора предыдущих исследований, связанных с городской застройкой Кении.

Эта статья заимствует концепции из предыдущих комплексных исследований устойчивого строительства и строительства, как это было продемонстрировано рассмотренной моделью HQE²R для Европейского союза.

В ходе исследования, проведенного кенийским Институтом исследований и анализа государственной политики, критериям принятия решений в матрице были присвоены весовые коэффициенты, как показано в разделе "Результаты".

Ниже подробно описываются веса, назначенные моделистом.

Ключ:

1 = Критерии второстепенной важности для экологически устойчивого строительства

2 = существенные критерии для экологически устойчивого строительства

3 = очень важные критерии для экологически устойчивого строительства

Заинтересованные стороны, являющиеся профессионалами в строительной отрасли, выполнили второе взвешивающее упражнение: предполагаемые баллы различных стратегий по выбранным экологическим критериям были масштабированы от 0 до 3 следующим образом:

0 = не оказывает видимого влияния на соответствующие критерии

1 = оказывает слабое влияние на соответствующие критерии

2 = эффективен по критериям

3 = высокоэффективен по критериям

Средние веса принимаются для представления общего сбалансированного суждения заинтересованных сторон об относительной важности критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотренная литература и концепции подтверждают, что экологическая безопасность в строительстве является реальной проблемой для повестки дня Кении в области устойчивого развития. Предполагаемый экологический след Кении в 2016 году был в два раза выше ее биоёмкости, что свидетельствует о том, что страна находится на экологическом дефиците. Это означает, что Национальные ресурсы Кении используются в два раза быстрее, чем они могут быть восстановлены [9]. Строительная отрасль вносит в это большой вклад.

Заполняемость участка и соотношение площадей этажей используются в политике зонирования для ограничения площади, занимаемой сооружением на данном участке. В Кении наилучшая экологическая практика требует сохранения около 20-30% застроенной среды в качестве открытого пространства [3]. Эти параметры планирования обычно адаптируются к работе в тандеме с существующими местными социально-экономическими и физическими условиями [4]. Коэффициент заполняемости участка, составляющий около 70%, является оптимальным для большинства основных районов, но местные условия могут потребовать корректировки в сторону увеличения или уменьшения.

В таблицах представлены результаты, основанные на сбалансированной точке зрения заинтересованных сторон. Стратегии, набравшие более высокие баллы по этим критериям, имеют более высокие совокупные индексы. Основываясь на этом исследовании, критерии

качества воздуха, здоровья и безопасности зафиксировали относительно более высокий рейтинг, что проливает свет на важность этих критериев в городской застройке Кении. Критерии управления отходами, земельными и водными ресурсами были поставлены на второе место по степени важности.

Таблица 1. Веса и оценки стратегии, основанные на сбалансированной точке зрения заинтересованных сторон

Стратегии \ Критерии	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
Повторное использование, переработка и сокращение отходов	2	3	3	1	2	0	2	1	2
Меры по экономии воды	2	3	2	1	1	0	2	0	1
Энергосберегающие мероприятия	1	1	2	3	0	0	2	2	2
Пористые тротуары	2	2	1	0	1	0	2	0	1
Благоустройство трющоб	2	2	3	2	3	0	2	2	3
Гармонизация нового развития с соседством	2	1	1	1	3	1	2	2	1
Меры по сокращению шумового загрязнения	0	0	0	0	0	3	1	0	1
Экономия пространства	3	2	1	1	2	0	2	0	1
Регенерация заброшенных участков	3	2	3	1	2	0	2	2	3
Озеленение	2	1	1	1	3	1	1	1	2
Средний вес	2,57	2,57	2,71	1,86	2,29	2,43	2	2,86	3

Примечание

А - Землеустройство
Безопасность

Д - визуальное воздействие И - здоровье и

Б - управление водными ресурсами

Е - шумовое загрязнение

В - управление отходами

Ж - экология

Г - управление энергетикой

З - качество воздуха

Различные веса, присвоенные, свидетельствуют о доминировании различных мнений по экологическим критериям между группами заинтересованных сторон. Например, архитекторы придавали огромное значение визуальному воздействию; геодезисты и специалисты по физическому планированию придавали такое большое значение управлению земельными ресурсами, но в меньшей степени энергоэффективности и т. д. Общие интересы можно было бы рассматривать в рамках таких критериев, как экология, качество воздуха, здоровье и безопасность. Формирование информированного консенсуса крайне необходимо для улучшения учета энергоэффективности в стратегиях городского планирования и проектирования, что действительно является весьма важным фактором экологической устойчивости застроенной среды, учитывая увеличение углеродного следа, подпитываемого энергоемкой деятельностью в городских сообществах [10, 11].

ВЫВОДЫ

Строительный сектор, который вносит существенный вклад по меньшей мере в треть процессов деградации окружающей среды, является серьезным игроком в повестки дня устойчивого развития. Критерии экологического строительства в Кении нуждаются в совершенствовании. Заинтересованные стороны в построенной среде должны оставаться непоколебимыми в пропаганде и осуществлении мер по обеспечению экологической безопасности в городской застроенной среде, когда городское население продолжает расти.

Основываясь на результатах исследований, здоровье и безопасность, а также качество воздуха являются основными факторами в формировании комфортной городской среды. Надлежащее управление отходами, землей и водой – одна из главных задач для Кении. Превращение заброшенных загрязненных земель в пригодные для нового долгосрочного строительства, благоустройство трущоб, рециркуляция и сокращение отходов, - являются важнейшими приоритетными стратегиями повышения экологической устойчивости для столицы Найроби.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде - Инициатива по устойчивому строительству и строительству (UNEP SBCI) (2015), Инициатива по устойчивым зданиям и строительству. https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf . Дата обращения: 01.10.20
2. Правительство Кении (2007), «Видение Кении до 2030 года: глобально конкурентоспособная и процветающая Кения». Найроби: Национальный экономический и социальный совет. <http://vision2030.go.ke/inc/uploads/2018/05/Vision-2030-Popular-Version.pdf>. Дата обращения: 04.10.20
3. Цели развития тысячелетия: отчет об оценке потребностей, Требования к цели № 7, Задача 11: Улучшение жизни обитателей трущоб. Министерство жилищного строительства совместно с Министерством планирования и национального развития. [https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf)
4. Правительство Кении (2018), Видение 2030 среднесрочный план 2018 - 2022 Трансформация жизни: продвижение социально-экономического развития через “Большую четверку”. <https://vision2030.go.ke/publication/third-medium-term-plan-2018-2022/>. Дата обращения: 04.10.20
5. LEED-ND (2018), Понимание взаимосвязи между общественным здравоохранением и искусственной средой: отчет, подготовленный для ведущей системы рейтингов в области энергетики и экологического проектирования для развития микрорайона (LEED-ND).
6. Теличенко В.И., Бенуж А.А. Совершенствование принципов устойчивого развития на основе опыта применения «зеленых» стандартов при строительстве олимпийских объектов в Сочи // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 40—43
7. Теличенко В.И. От экологического и «зеленого» строительства к экологической безопасности строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 2. С. 47—51
8. Данилов А., Бенуж А.А., Салютогенный дизайн с медицинскими подходами к внутренней среде для офисных помещений, E3S Web of Conferences 170, 06012 (2020)
9. Глобальная сеть следа - GFN (2007). Продвижение науки об устойчивости, <http://www.footprintnetwork.org/index.php>
10. Фер М., Соуза К.А., Перейра, А.Ф.Н. и Пелизер Л.С. (2004), Предложения индикаторов для оценки устойчивости городов в Бразилии. Окружающая среда, развитие и устойчивость, стр. 355-366.
11. Ибрагимов А. М., Бенуж А. А., Морозов Д. Н. Оценка экологической безопасности при освоении городских промышленных зон уравнениями регрессии // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 82-87. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.09.82-87

ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

А.И. Гиясов¹, С.М. Мирзоев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹adham52@mail.ru

²saidmuhammad1995@mail.ru

Аннотация

В работе рассматриваются особенности формирования энергоэффективных зданий, описываются особенности проектирования энергоэффективных зданий для условий южного региона с жарким климатом.

Проанализированы факторы, влияющие на формирование теплозащитной оболочки энергоэффективных зданий, рассмотрены традиционные естественные архитектурно-строительные средства и механизм использования экологически чистого и экономически целесообразного потенциала энергии солнца.

Рассматривается современное состояние строительства ограждающих стен с фасадными системами для южных географических широт с учетом тепловой воздушной оболочки, образующиеся у стен зданий разной ориентации при условии инсоляции фасадов. Сформулирован перечень фасадных систем способствующие повышению энергоэффективности жилых зданий имеющих решающее значение для обеспечения комфорта внутри среды.

Акцентируется внимание на фасадные системы и солнцезащитные устройства, формирующие локальный климат в пристенном слое воздуха, являющийся результатом условия инсоляции и важным внешним фактором реагирующая теплозащитная оболочка энергоэффективных зданий, возводимых в условиях жаркого климата.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день важной составляющей в решении задачи повышения энергоэффективности зданий и сооружений должно стать переориентирование строительства от привычных, общераспространенных зданий к строительству энергоэффективных жилых и общественных зданий. Это проблема продиктована современными мировыми исследованиями, в рамках которых было установлено, что 40% мировых показателей энергопотребления, а также показателей уровня выбросов парниковых газов в атмосферу, приходится на здания.

Лучистая энергия солнца на территории Азиатских, Центральноазиатских, Закавказских, Американских Африканских, Арабских и ряда других стран, простирающихся в южных широтах – от 0 до 45°с.ш. по двум сторонам экватора весьма своеобразна. Ее характеризует максимальная вероятность и продолжительность солнечного сияния, наибольшая прямая, суммарная и отражённая радиация, незначительная рассеянная радиация и др. В этой связи режим солнечного облучения зданий и городских территорий, облучаемых прямыми лучами солнца, существенно влияет на тепловое состояние среды [1-6].

Жаркий климат оказывает влияние, как на человека, так и зданию в целом и ее ограждающим конструкциям. В этой связи, при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий необходимо учесть особенности климатических условий южного географического региона, в которой интенсивность солнечной радиации достигая более 980 Вт/м² обуславливает высокие более 45°С и низкие влажности воздуха 25...30%. Регионам с жарким климатом относятся республики Центральной Азии и Закавказье СНГ, Австралия, Аравийские острова, Южная Америка, Ближний Восток, Африка и т.д., в которых климатические условия характеризуется продолжительным летним периодом (с максимальной продолжительностью

периода охлаждения 180 и более дней) и относительно коротким зимним периодом (с минимальной продолжительностью отопительного периода 140 дней и менее). Данный тип климата распространена на более 50% территории суши, что обуславливает актуальность проводимых исследований и позиции повышения энергоэффективности зданий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В современном строительстве здания необходимо проектировать максимально энергоэффективными с необходимым использованием природно-климатического условия так, чтобы способствовало уменьшению расходов энергии на эксплуатацию зданий, при этом форма зданий с соответствующей теплозащитной оболочкой должна следить за климатом.

Безусловно, энергоэффективное здание само может являться источником энергии без прямой или косвенной зависимости от его инженерных систем. Данное утверждение становится возможным при более рациональном использовании источников тепла, климатических факторов региона расположения, а также энергии самого здания. Основной задачей при проектировании энергоэффективного здания является комплекс мер, которые учитывают разные варианты решения данной задачи. К ним относятся рациональный выбор ограждающих конструкций теплозащитной оболочки здания, формообразование здания, эффективное использование возобновляемых источников солнечной энергии, а также выбор инженерного оборудования. При этом, приоритетной составляющей при проектировании энергоэффективного здания является обеспечение экологического и экономически эффективного жизненного цикла здания.

В последнее время возрастает популярность использования возобновляемых источников энергии как экологически чистой и экономически целесообразного источника энергии солнца, особенно на территориях с жарким климатом.

В конце XX века в Дармштадте (Германия) был основан «Институт пассивного дома», а также была предложена концепция «Пассивного дома», получившая широкое распространение во многих мировых архитектурных проектах. Во второй половине XX века в Отаниеми (Финляндия) было построено здание «ECONO-HOUSE». По сути оно является первым в мире зданием, где было предложено сложное объёмно-планировочное решение, которое учитывает особенности местоположения и климат местности. Воздушные массы в помещениях «ECONO-HOUSE» нагреваются за счёт солнца, его тепло аккумулируется системой жалюзи и специальными стеклопакетами. На сегодняшний день наиболее яркие и интересные примеры энергоэффективных зданий можно найти в Великобритании, Германии, США, Китае и Объединённых Арабских Эмиратах и др.

В нашей стране развитие архитектуры и строительства энергоэффективных зданий находится на стадии развития с постепенной проработкой концептуальных проектов и внедрения их в практику строительства [1-6]. В качестве интересного примера строительства энергоэффективных зданий в Российской Федерации можно привести типовую серию жилых домов 111-355 министерства обороны Российской Федерации. В этой серии наиболее полно представлены актуальные решения, отвечающие требованиям энергоэффективности с учетом архитектурных и объёмно-планировочных предложений.

На сегодняшний день увеличивается опыт строительства экспериментальных энергоэффективных зданий в различных регионах России с соответствующими архитектурно-конструктивными альтернативами тепловой защиты оболочки зданий, согласно климатическим условиям региона строительства.

По итогам проведения научных исследований разрабатываются широкомасштабные конструктивные решения в области энергоэффективности, которые повышают уровень тепловой защиты ограждающих наружных конструкций. Общие энергопотери здания в результате данных мероприятий, а также за счет использования современных энергоэффективных материалов и качественных проектных работ, снижаются более чем на 30%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе комплексных исследований были сформулированы принципы архитектурно-строительного проектирования модели энергоэффективных зданий в условиях жаркого климата, а именно:

- выбор объемно-пространственной формы здания, направленной к энергосбережению;
- пассивное использование солнечной энергии (системы солнечного отопления, применение теплоемкой массы, использование «парникового» эффекта, организация зимнего сада и лоджий для отопления дома);
- ориентация здания по сторонам света в зависимости от хода солнца и направления ветра;
- внедрение вентилируемых фасадов с применением различных солнцезащитных элементов (сплошных, с жалюзи, сетчатых с воздушной подушкой для циркуляции);
- усиление энергоэффективности теплозащиты зданий, с разработкой оптимальных конструктивных решений ограждающих конструкций и солнцезащитных элементов;
- использование эффективной тепловой изоляции в ограждающих наружных конструкциях, без образования мостика холода и зоны конденсата;
- применение энергетически-активной системы тепло- и холодоснабжения с применением абсорбционных и инженерных систем (солнечные коллекторы, тепловые насосы, фотоэлектрические установки);
- использование энергетически эффективных конструкций стен, удерживающих тепло и холод, грунтового теплообменника, инженерных систем отопления, охлаждения, вентиляции, кондиционирования, подачи холодного и горячего воздуха, воды и т.д.;
- применение приточно-вытяжной с механическим побуждением вентиляции для обеспечения нормального воздухообмена при установке герметичных энергоэффективных оконных и дверных блоков;
- использование автоматической системы управления и учета тепло- и холодоснабжения, энергоснабжения здания путем моделирования теплового баланса с учетом фактического энергетического воздействия наружного климата и внутренних тепловых выделений;
- правильное планирование прилегающей территории застройки с применением энергоэффективных решений (определение разрывов между зданиями, использование рельефа участка, эффективное зонирование участка с учетом затеняющих устройств и крупнокронных зеленых насаждений, организация участка в гармонии с природным ландшафтом и др.).

Особое внимание при проектировании энергоэффективных зданий уделяется двум аспектам архитектурно-строительного решения:

1. Условие инсоляции при широтном расположении зданий с большой площадью остекления южного фасада, использование фонарей верхнего света, позволяющее максимально пропускать солнечный свет внутрь помещения при возникновении необходимости в этом, а также позволяющее улавливать тепло при инсоляции. Специальные «солнцеловушки» с применением солнцезащитных элементов, рассчитаны на обеспечение помещения зимним солнечным теплом. Эксплуатация больших выносных летних помещений в виде лоджий и террас, внедрение специальных солнцезащитных конструктивных объемов, размещение «зимнего сада» со стороны южного фасада здания. Данные мероприятия предохраняют внутренние пространства здания от прямых солнечных лучей в летний период (рис. 1, 2).

2. Формирование энергоэффективных зданий путем градостроительных, объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных решений с использованием рациональных архитектурно-строительных приемов. В этой связи, определяются пути минимизации расхода энергии в жаркий период эксплуатации для кондиционирования и потери тепла в

зимний период эксплуатации для отопления зданий на основе использования потенциала естественных архитектурно-строительных средств и градостроительных приемов повышающих энергоэффективность зданий.

В градостроительном аспекте следует определиться в выборе участка с использованием всей естественной возможности уменьшения напряженности солнечной радиации и снижения температуры. Задачи улучшения микроклимата помещений, уменьшения перегрева должны решаться при размещении отдельных зданий и при компоновке постройки целого населенного пункта.

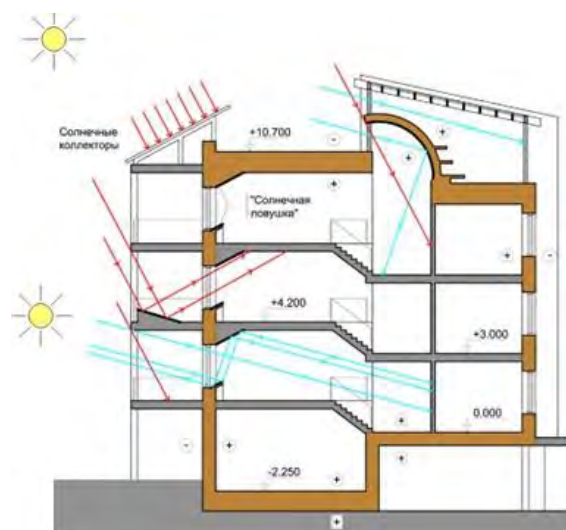


Рис. 1. Инсоляция и тепlopоступления в летний (красные стрелки) и зимний периоды (голубые стрелки)

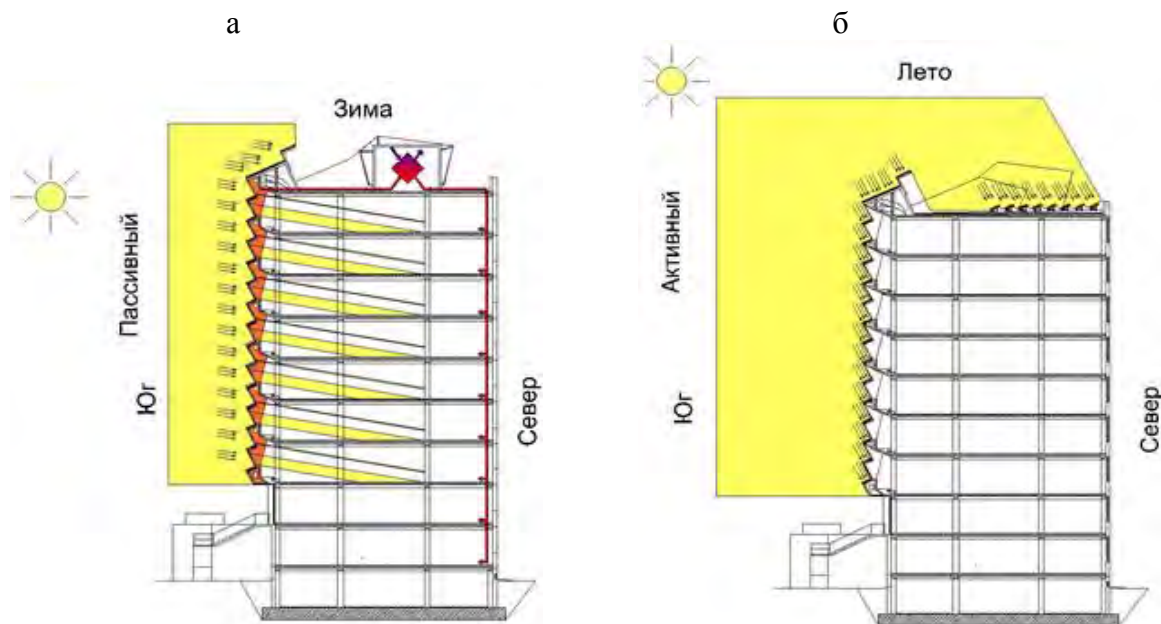


Рис. 2. Здания с пассивными (а) и активными (б) системами использования энергии солнца

От размера и месторасположения участка строительства, плотности застройки, характера морфозастройки зависит выбор этажности, размер и ориентация здания, а также возможность использования источника солнечной энергии. Предпочтительна преимущественная ориентация энергоактивных зданий широтно, с допустимым отклонением ориентации основных помещений зданий в южный сектор до 30° влево и вправо от направления южного румба.

В аспекте объемно-планировочного решения зданий наряду с обычными требованиями функционального, технического, экономического и экологического характера, общими требованиями к объемно-планировочным решениям зданий для всех жарких районов должны являться:

- принцип компактности объемно-планировочного решения – форма, соблюдение принципа геометричности и обтекаемость здания ветровым потоком;
- защита от повышенной солнечной радиации применением ограждений с вентилируемыми фасадами и солнцезащитными устройствами в летний экстремальный период;
- эффективное использование солнечной энергии в период зимнего солнцестояния путем раскрытия внутреннего объема помещений зданий в сторону солнца;
- создание возможности нормального гигиенического проветривания путем открытого планировочного решения квартир с эффективным использованием сквозного, вертикального углового схем аэрации;
- изоляция помещений с тепло- и газовыделениями от помещений длительного пребывания людей;
- устройства летних помещений, пристроенных теплиц и оранжерей;
- использование буферных зон в зданиях в виде пристроенным лестничным блоком, двойным фасадом, пристроенных лоджий, террас как устройства пассивной солнечной энергии;
- организация внутренние рекреационные пространства зданий использованием атриумных пространств, внутренних двориков, поэтажных или сквозных вертикальных зимних садов;
- применение архитектурно-художественных решений фасадов путем разнообразия пластики фасадов специальными архитектурными деталями и формами в виде окна-эркеры, эркеры, специальные остекленные лоджии;
- использование природных компонентов озеленения, обводнения кровли, озеленение фасадов вьющимися растениями;
- применение цветового решения экстерьера и интерьера;

В аспекте выборе высоты и формы здания в процессе определения линейных параметров рациональной формы необходимо ориентироваться на критерии экологичности зданий с созданием на основе малоэтажных зданий с благоустроенной озелененной прилегающей территорией. В высотных зданиях предлагается обеспечение хорошего условия для естественной вентиляции, применения солнечной энергии пассивно через светопрозрачные части ограждения и активно использованием солнечные панели на стенах и крыше.

При проектировании энергоэффективных зданий наиболее оптимальной является квадратная форма плана для многоэтажных зданий и сферическая форма для малоэтажных зданий, которые соответствуют минимальной площади вертикальных наружных ограждений.

Проведенные современные исследования установили прямую зависимость относительного изменения энергопотребления здания от его формы. Исследуя здания трех различных форм – кубическую, сферическую, тетраэдрическую, ученые пришли к выводу, что наиболее экономичным в плане энергопотребления (96% от такого же показателя здания кубической формы) будет здание сферической формы. Наибольшее потребление энергии наблюдается у здания тетраэдрической формы (112% от здания кубической формы). Соотношение длины здания к его высоте 1:4 является наиболее выгодным с точки зрения энергоэффективности и снижения тепловых потерь.

В аспекте конструктивного решение теплозащитной оболочки здания фасадные системы зданий рассматриваются как важная проблема для обеспечения теплового комфорта помещений. Фасадные системы зданий имеют решающие значения для потребления энергии и обеспечения комфорта внутри помещений в проблеме повышения энергоэффективности зданий.

Включение тепловой воздушной оболочки, формирующиеся вокруг ограждающих конструкций зданий при их инсоляции в процесс проектирование наружных ограждающих конструкций и зданий в целом является эффективным весьма важным способом в достижении комфортных условий теплового режима помещений зданий и минимизации энергопотребления в зданиях [7].

В последние годы научные исследования направлены на разработку инженерных методов расчета, составления и решения математических моделей, надежно описывающих теплофизические процессы, протекающие в ограждающих конструкциях под воздействием внешних климатических факторов [8-9].

Конструктивное решение наружных стен с эффективными фасадными системами, принятое на начальной стадии проектирования является важным для строительства энергоэффективных зданий, которым посвящены ряд работ [10-11].

В статье рассматриваются современное состояние конструирования ограждающих стен с инновационными фасадными системами для южных географических широт с жарким условием климата, с учетом формирующиеся у стены зданий разной ориентации тепловой воздушной оболочки при условии их инсоляции.

Главным вопросом, требующим своего раскрытия, является определение роли вертикальных стен зданий и прилегающих горизонтальных подстилающих поверхностей территории застройки в формировании в местного микроклиматического слоя воздуха, являющейся основой регулирования тепло-ветрового режима пристенной тепловой воздушной оболочки и помещений здания.

В мировой практике строительства в последние годы расширяется возведение зданий с повышенными теплозащитными свойствами, целью которого является снижение уровня потребления энергии на их эксплуатацию. Передовые страны сегодня сосредоточены на усовершенствовании строительных норм для повышения энергоэффективности и на обеспечении соответствия им строительных объектов. При этом одной из важнейших задач считается изучение динамики распространения теплоты в стеновых ограждающих конструкциях, в этой связи выбор конструктивных решений фасадных систем формирующие тепловой режим зданий в условиях летнего перегрева является приоритетом.

Фасадные системы как основная составляющая часть ограждающих конструкций энергоэффективных зданий являются противоиоляционными средствами, отделяющие внешнюю среду от внутренней, значительно улучшая тепловой режим воздушной среды помещений.

Анализ материалов натуральных исследований в пристенном слое воздуха по всей высоте зданий позволил:

- определить влияние суммарной температуры на ограждающие конструкции зданий в зависимости от ориентации;
- установить роль наружных ограждающих конструкций в регулировании тепло-ветрового режима пристенного слоя воздуха и определить предпосылки для определения взаимосвязи внешней и внутренней среды при различных условиях инсоляции фасадов;
- установить, что многоэтажные здания создают собственную пристенную тепловую воздушную оболочку, характеризующийся стационарным состоянием воздушной среду со своим теплоэнергетическим механизмом, чередующиеся при условии инсоляции в течение светового дня. При этом формальное использование существующих методов учета факторов климата при оценке энергоэффективности ограждающих конструкций и тепловой режим помещений является неэффективным.

ВЫВОДЫ

Таким образом, определилась возможность оценки местной тепловой воздушной оболочки пристенного микроклиматического слоя многоэтажных энергоэффективных зданий в

зависимости от условия инсоляции фасадных поверхностей, что позволила учитывать при систематизации фасадных систем разной пластики по их важным термодинамическим и аэродинамическим показателям качества (рис.3, 4, 5).

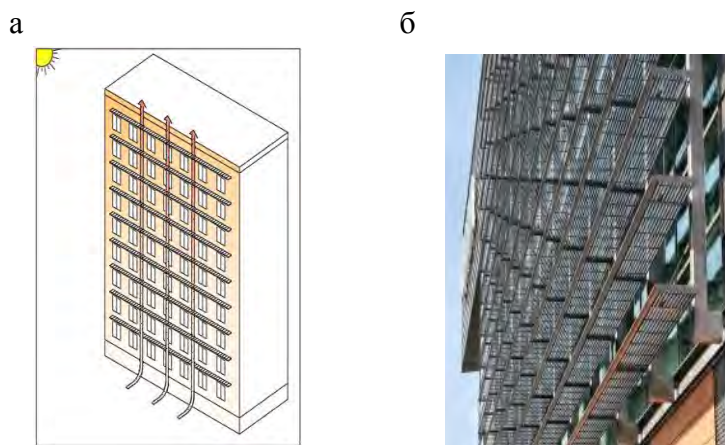


Рис. 3. Устройства солнцезащитные жалюзийные по всей длине фасада эффективно защищающие от высоких лучей солнца летом помещений и стен, обеспечивающие инсоляцию помещений зимой, а – общий вид, б - фрагмент

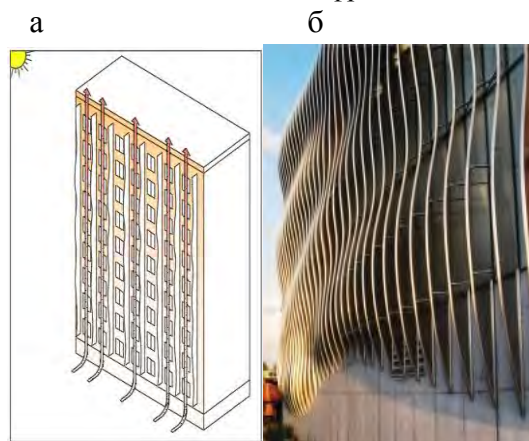


Рис. 4. Устройства солнцезащитные вертикальные обеспечивающие защиты помещения и стен от косых низких лучей солнца, а – общий вид, б – фрагмент

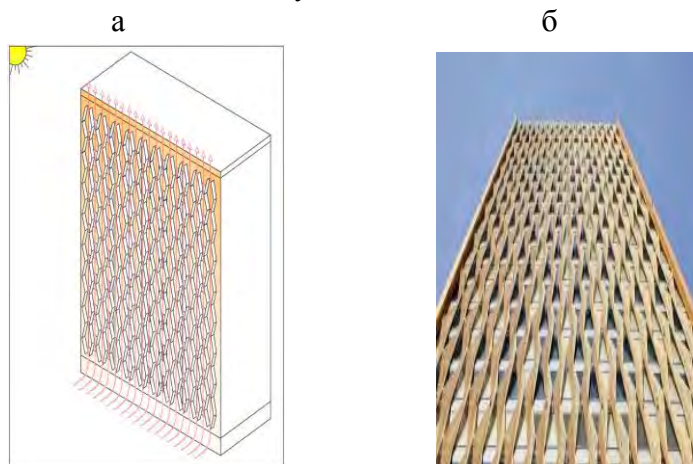


Рис. 5. Устройства решетчатые эффективно защищающие помещения и стен от суммарной солнечной радиации, а – общий вид, б – фрагмент

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры Проектирования зданий и сооружений Национального исследовательского Московского

государственного строительного университета «Функция, конструкция и среда в архитектуре зданий».

ЛИТЕРАТУРА

1. Пивоварова З.И. Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР: Научно-справочное пособие / З. И. Пивоварова, В. В. Стадник; Под ред. И. Д. Копанева; Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. – с.291.
2. Olgyay V, Olgyay A. Solar control and shading devices. – Princeton, New Jersey: Princeton university Press, 1957. – 325 p.
3. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М: АВОК-ПРЕСС, 2003. -100с.
4. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки зданий // АВОК: вентиляция, отопления, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. №4. с.52-61.
5. Нигматов И.И. Проектирование зданий в регионах с жарким климатом с учётом энергосбережений, микроклимата и экологии. Душанбе «Ирфон», 2007г. –с.307.
6. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / W. Guoa, X. Qiaoa, Y. Huang, M. Fanga, X. Hanb. // Energy and Buildings. 2012. Vol. 50. Pp.196-203.
7. Гиясов А. Тепло-ветровой режим городского каньона, взаимосвязь его с воздушной средой помещений. Инженерный вестник Дона, Ростов-на-Дону №1 (2018). ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4737. -13с.
8. Шарипова Д.Т. Развитие методов расчета теплового режима ограждающих конструкций в целях повышения эффективности тепловой защиты зданий в условиях сухого жаркого климата Узбекистана. Автореферат на соискание ученой степени доктора философии по техническим наукам. Ташкент 2018. -20с.
9. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
10. Горниак Ю.Г. Применение фасадных систем в жилищно-гражданском строительстве. // Энергоснабжение №4, 2003. С.28-30
11. Генералова Е.М., Солякова Д.Н. Инновационные фасадные системы энергоэффективных высотных офисных зданий: Сборник «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн сборник статей». Самара: СГТУ, 2017. С. 28–31.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПРИ СНОСЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д.Ю. Густов, Ю.И. Густов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, GustovDU@mgsu.ru

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы применения современных и перспективных специализированных машин и оборудования, используемых в при сносе зданий и сооружений в условиях сложившейся плотной городской застройки. Вопросы актуальны для производства работ в жилых районах или в местах с объектами архитектурного, культурного и/или исторического наследия, когда производство работ должно быть направлено не только на эффективное применение машин и оборудования, но и на минимизацию экологического вреда. Рассматривается опыт применения специализированных машин на примере зарубежного, в частности, японского и южнокорейского опыта. Решаются вопросы применения материалов для рабочих органов бетоноломов и гидрожниц. Результаты могут быть рекомендованы при организации производства работ в городских исторических центрах и жилых районах с плотной застройкой.

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство при проведении работ в условиях сложившейся городской застройки всё чаще сталкивается с вопросом точечного демонтажа существующих построек на месте планируемого строительства. И всё чаще возникают вопросы соблюдения экологических требований, так как работы могут вестись как в местах исторических застроек, так и в местах компактного проживания населения. Современные машины и оборудование, применяемые в современной практике производства работ, направлены чаще всего либо на демонтаж плитных или блочных конструкций с применением кранового оборудования, либо на разрушение конструкций, не подлежащих разбору. К последним относятся кирпичные, каменные, деревянные объекты строительства, а также строения, выполненные с применением бетона в том числе армированного.

Для разрушения конструкций чаще всего применяются экскаваторы как с наиболее распространённым рабочим органом – обратной лопатой, а также со специализированными сменными рабочими органами – гидрожницами, гидромолотами, дисковыми фрезами и прочим. При этом, производстве работ такого типа всегда присутствует сильная запылённость, которая не соответствует экологическим нормам, и способна причинить вред окружающим людям и объектам. Параллельно с этим возникает огромное количество строительного лома, который должен быть переработан, а не просто утилизирован.

Вопроса соблюдения экологических требований при сносе зданий и сооружений, а также при переработке строительного лома, уделяется недостаточное внимание. При этом в зарубежных источниках такие вопросы анализируются активно, и особенно в странах с активным строительством, и, самое гласное, перестройкой, когда строительство ведётся на месте сносимых застроек. Такое особо важно в регионах с плотной застройкой, что характерно которых как для Европы [1], так и для Азии [2, 3].

Несмотря на то, что России снос строительных объектов с применением современного оборудования достаточно распространён, и работы описываются достаточно давно [4], практически никто не рассматривает вопросы применения существующих машин для соблюдения экологических норм. При этом чаще всего рассматриваются вопросы рециклинга строительного мусора [5]. Вопросы защиты от запыления в открытой печати не находят своего отдельного рассмотрения. Так и вопросы пылеобразования разрушении конструкций рассматриваются лишь применительно прочностных характеристик [6] без

учёта того, какое пылеобразование при этом формируется. Работ, направленных непосредственно на запыление объекта разрушения и прилегающих территорий не ведётся. При этом для научного обоснования работ, которые необходимо проводить для предотвращения запыления и ликвидации возникающих запылений, необходимы собственно отечественные данные по свойствам и процентным содержаниям конструкций. Сказанное выше позволит спрогнозировать характер загрязнений при разрушении различных объектов. Имеющиеся иностранные публикации сориентированы на конструктивные особенности иностранных объектов строительства [7, 8] и допустимы только с целью применения отработанных и проверенных методик. Их полноценное применение крайне затруднительно из-за того, что продукты сноса имеют отличный от российских состав строительного лома. В России также отсутствуют целенаправленные работы по сопутствующим сносу выбросам углекислого газа применяемой техникой.

Машины, снижающие пылевое облако при сносе зданий, в России фактически не применяются. Информация о них до российского пользователя не доводится даже на российских версиях сайтов производителей этой техники. В связи с этим и практика применения комплектов машин для данного вида работ отсутствует.

Указанное стало основанием для начала работ по анализу машин и оборудования, предназначенных для снижения пылеобразования и её распространения при производстве работ по сносу зданий и сооружений, а также по разработке критериев выбора таких машин или их комплектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выборе комплекта машин для уменьшения пылеобразования используем передовой опыт стан с высоким уровнем развития техники, и характеризующихся плотной застройкой и высокими внутренними стандартами на обеспечение экологичности. Таковыми являются Япония и Южная Корея, которые широко применяют специализированное оборудование. Лидером по производству оригинальных специализированных машин является *Hitachi Construction Machinery* (далее – *Hitachi*), корпоративная философия которой направлена создание богатого жизненного пространства, делая отношения между людьми и работой более удобными, сложными и эффективными. Именно *Hitachi* разработала конструкции двух машин, наиболее эффективно препятствующих пылеобразованию при разрушении зданий и сооружений. Область применений машин различна, и их применение возможно как совместно, так и по отдельности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее нестандартным рабочим оборудованием является «двуручная» машина, созданная на базе одноковшового гидравлического экскаватора ещё в 2005 году [9] (серийное производство – с 2012 года). Области применения оборудования находятся не только в строительстве, но и при утилизации отходов (рис. 1)

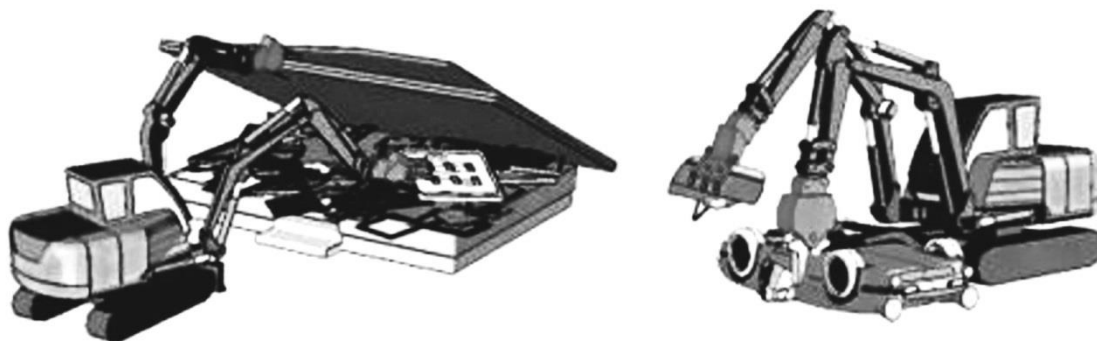


Рис. 1. Работа «двуручного» экскаватора

Основная задача современных версий «двуручного» *ASTACO* (*Advanced System for Twin Arm Complicated Operations*), заключается в фиксации разрушаемого объекта при воздействии на него основным рабочим органом, что приводит к минимизации колебаний, что в свою очередь сильно уменьшает пылеобразование из-за минимизации встряхивания. Благодаря двум рабочим органам (рис. 2) можно выполнять сложные задачи, такие как «резание с захватом», «сгибание длинного предмета» и «вытягивание с опорой», которые эффективны не только в гражданской деятельности, но и при ликвидации последствий стихийных бедствий.

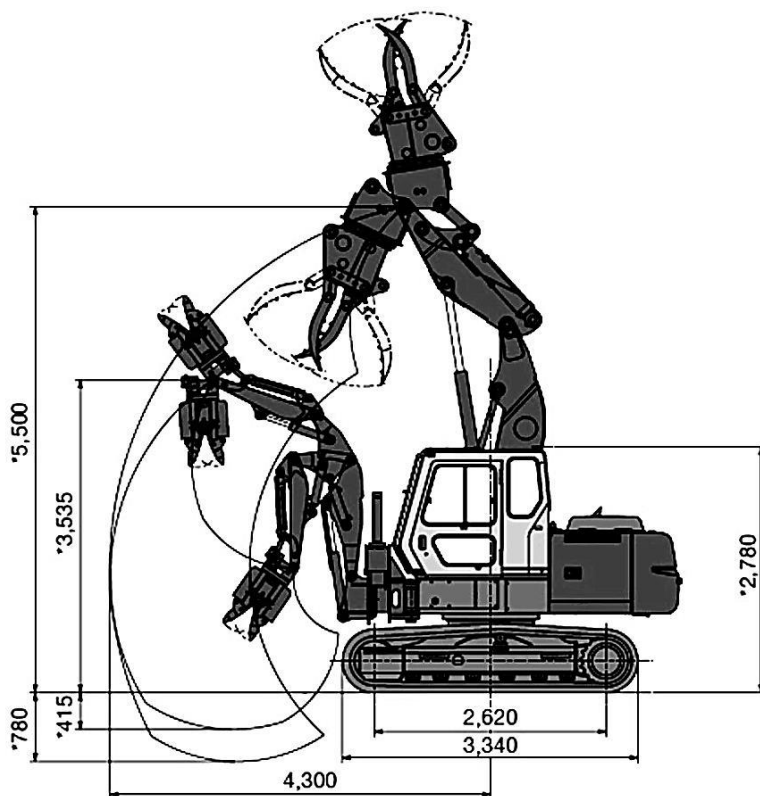


Рис. 2. Принципиальная конструкция машины типа *ASTACO*

Последний разработанный вариант 13 тонной машин в 2018 году имеют четыре гусеничные тележки, расположенные на независимых опорах [9], что позволяет применять машины на неподготовленных площадках, которые формируются в процессе разрушения зданий, а также на склонах и пересеченной местности. Основная область применения машины типа *ASTACO* - демонтаж зданий, который в условиях строительного бума и высокой сейсмической активности для Японии и Южной Кореи – задача распространенная.

Согласно данным [10], техника, оснащенная двумя манипуляторами, ускоряет снос домов на 10 %. Кроме этого, "двумя руками" экскаватор выполняет работу "деликатнее", что особенно важно при разборе завалов после техногенных катастроф и землетрясений. Помимо бережной работы машины типа *ASTACO* существенно снижают пылеобразование как при демонтаже зданий, так и при проведении работ по сортировке строительных отходов (бетон, сталь, алюминий, дерево, пластик) для последующей переработки.

Единственным существенным недостатком машин типа *ASTACO* является то, что они выпускаются небольшой массы и могут применяться при демонтаже крупных строений только в качестве вспомогательной машины. Однако, их применение просто незаменимо для бережного разбора конструкций, направленного на минимизацию запыления при производстве работ в жилых районах или в местах наличия объектов архитектурного, культурного и/или исторического наследия.

Для существенного снижения пылеобразования при разрушении зданий различной этажности применяются различные спринклерные (разбрызгивательные) системы, которые

часто располагаются на гусеничной базе (рис. 3), что особо эффективно при производстве демонтажных работ зданий малой и средней этажности. Спринклер формирует широкий водяной конус, связывающие мелкие взвешенные в воздухе частица и не позволяет им распространяться под действие ветра.

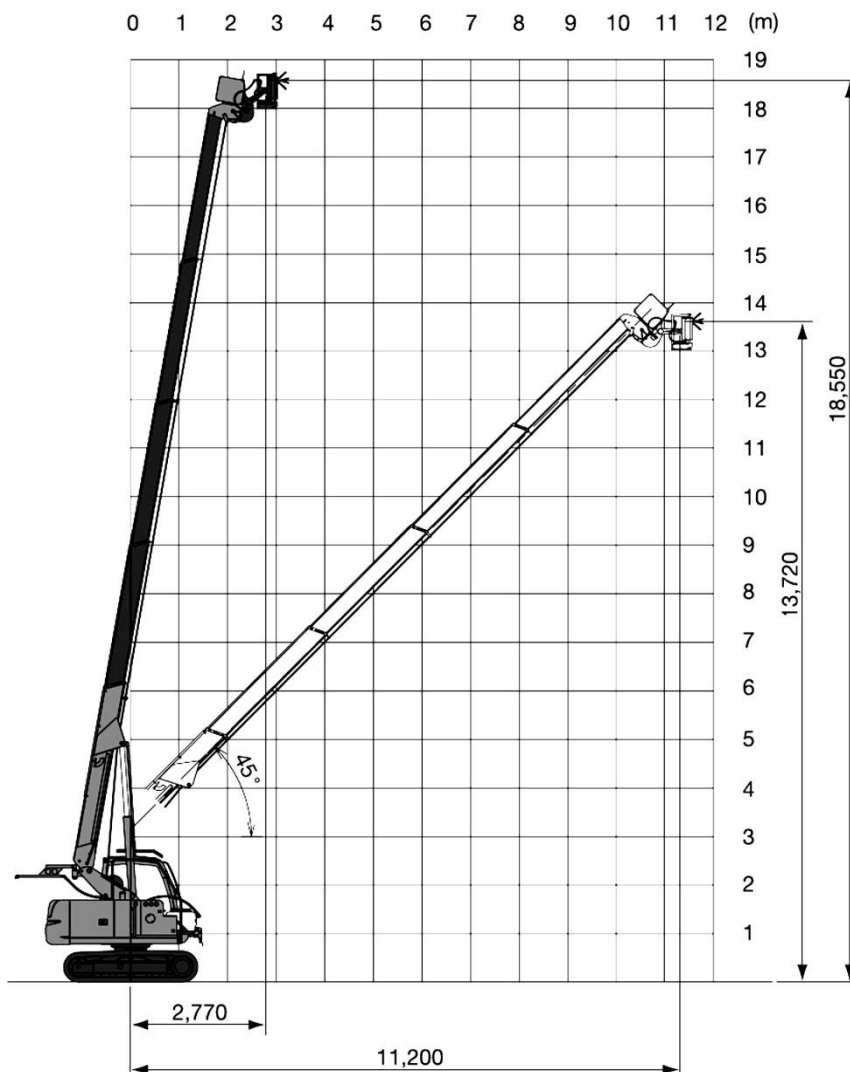


Рис. 3. Гусеничный телескопический спринклер

Теоретически, спринклерная система может быть установлена на любое телескопическое оборудование, имеющие необходимое подключение для разбрызгивательного оборудования. Проблема монтажа спринклеров на телескопические краны сопряжена с тем, что оборудование требует подвода дополнительных трубопроводов для подачи воды, что на конструкциях кранов может быть реализовано в качестве внешне расположенных трубопроводов, монтируемых на стреловое оборудование по мере необходимости. Однако, указанное может быть реализовано только для кранов, конструкция стрел которых содержит внешние крепёжные элементы. Также к модернизируемому крану должна добавляться система подачи воды блок барабанного сворачивания-разворачивания гибких шлангов подвода-отвода воды.

Ещё одним важным вопросом при использовании машин в условиях значительной запыленности, является повышение износостойкости всех подвижных соединений, что особенно актуально для шарниров рабочего оборудования, ножей и зубьев гидрочелюстей и бетоноломов. Проведённый анализ ранее выполненных работ [11 - 13] показывает возможность распространения результатов, полученных для шарниров одноковшовых экскаваторов применительно к шарнирам машин типа *ASTACO*, как работающим в схожих

условиях загрязнения. При этом должны использоваться результаты, полученные для смешанных режимов работы «копание-перегрузка», что более близко, чем режим «копание».

ВЫВОДЫ

Анализ существующего оборудования показывает, что применение машин типа *ASTACO* совместно с мобильными спринклерами может практически полностью устранить распространение пыли при демонтаже зданий и сооружений малой этажности. Демонтаж зданий средней этажности целесообразно проводить с применением нескольких мобильных спринклеров. Результаты по повышению износостойкости шарниров, полученные для экскаваторов в режиме «копание-перегрузка» могут быть распространены на шарниры рабочего оборудования машин типа *ASTACO*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saez P.V., M.D. Merino M.D., Porrás-Amores C. "Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain", *Waste management & research*, Vol. 30, Issue 2, pp. 137-146, 2012
2. T. Ding T., Xiao JZ. "Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai", *Waste management*, Vol. 34, Issue 11, pp. 2327-2334, 2014
3. Karunasena G., Amaratunga D. "Capacity building for post disaster construction and demolition waste management A case of Sri Lanka", *Disaster prevention and management*, Vol. 25, Issue 2, pp. 137-153, 2016
4. Vasilyeva M.B. "Problem of Demolition First Mass Series in Complex Reconstruction of Residential Building", Conference: 3rd Forum of Young Researchers: In the Framework of International Forum on Education Quality, pp. 288-291, 2012
5. Gustov D. Yu. Organization of recycling of construction scrap with the use of mobile crushing plants in Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 786, International Scientific Conference Interstroyemeh - 2019 (ISM - 2019) 12-13 September 2019,
6. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу об разрушении материалов. // *Механизация строительства*. 2017. Т. 78. № 11. С. 5-8.
7. Pathak A., Kumar S., VK "Development of Building Material from Geopolymerization of Construction and Demolition Waste (CDW)", *Transactions of the Indian ceramic society*, Vol. 73, Issue 2, pp. 133-137, SI, 2014
8. Huang T., Shi F., Tanikawa H., Fei JL, Han J. "Materials demand and environmental impact of buildings construction and demolition in China based on dynamic material flow analysis", *Resources conservation and recycling*, Vol. 72, pp. 91-101, 2013
9. Двуручная машина. Вызов роботизации, который меняет историю гидравлических экскаваторов // Официальный сайт Hitachi Construction Machinery. Режим доступа: <https://www.hitachicm.com/global/jp/businesses/products/double-arm-working-machine/> Дата обращения: 14.10.2020.
10. Инновационный экскаватор Hitachi ASTACO: две стрелы лучше, чем одна! // Информационный портал Exkavator.Ru. Режим доступа: https://exkavator.ru/main/news/inf_news/~id=7723 Дата обращения: 14.10.2020.
11. Густов Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин // *Механизация строительства*. 1996. № 5. С. 15.
12. Густов Ю.И., Шишков П.Е. Исследование трибомеханических параметров поверхностей трения рабочего оборудования гидроэкскаваторов // *Подъемно-транспортное дело*. 2019. №6. С. 2-5.
13. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Агарков А.М. Сравнительные характеристики проходимости на слабых грунтах гусеничных и шагающих кранов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 5. С. 198-200.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА МОБИЛЬНОСТЬ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Н.В. Данилина¹, Д.Н. Власов², И.А. Бахирев³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, grado@mgsu.ru,

^{2,3} ГАУ Институт Генплана Москвы, 125047 г. Москва, 2-я Брестская улица, дом 2/14, vlasovdn@str.mos.ru

Аннотация

Глобальная проблема изменения климата ставит перед городами задачу обеспечения устойчивого развития городов, адаптированных к ее последствиям. Транспортные системы городов являются одним из наиболее опасных источников выделения парниковых газов, которые оказывают значительное влияние на процессы глобального потепления, экологическую безопасность городской среды и качество жизни населения. В статье проведен анализ транспортной политики на примере Москвы с целью выявления транспортной политики, направленной на адаптацию городов к последствиям изменения климата и снижению отрицательного влияния от возможных последствий. Совершенствование интегральной системы пассажирских перевозок, внедрение экологически безопасных видов транспорта, развития велосипедного и микро мобильного видов транспорта, увеличение пешеходной подвижности населения - мероприятия, которые реализуются в Москве на сегодняшний день способствуют достижению цели Правительства Москвы обеспечить к 2020 году сокращение объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75% их объема в 1990 году. На основании анализа современных тенденций климатоориентированной городской политики и существующего состояния транспортной системы Москвы становится обоснованным вывод о том, что транспортная политика города соответствует мировым требованиям по адаптации к изменению климата и направлена на устойчивое развитие регионов нашей страны.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из глобальных вызовов 21 века развитию городов являются активные процессы изменения климата. Его последствия - положительные и отрицательные, наблюдаются в каждом из регионов мира. Несмотря на то, что проблемы, вызванные изменением климата в разных странах носят специфичный характер, в мировом обществе подчеркивают необходимость консолидации усилий по решению глобальной проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду, которое является одним из наиболее активных катализаторов климатических изменений. Распоряжение от 2 апреля 2014 года №504-р «О сокращении объема выбросов парниковых газов» устанавливает поручение Правительству России обеспечить к 2020 году сокращение объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75% их объема в 1990 году. Однако, следует отметить, что достижение заявленной цифры к намеченному сроку не произошло. Становится очевидным, что необходима реализация дополнительных мероприятий в области городского планирования, которые позволят обеспечить необходимый результат. Мировой и отечественный опыт городской политики по адаптации городов к изменению климата подчеркивает необходимость реализации мероприятий по снижению антропогенного воздействия, особенно, в области организации системы транспортного обслуживания [1,4,6]. Городской транспорт является одним из основных источников экологического загрязнения в городах: выбросы парниковых газов, разрушающих озоновый слой земли и вызывающих глобальное потепление [2,5,7]. Программа ООН Хабитат определяет климатоориентированную транспортную политику в качестве одного из стратегических направлений городской политики [3]. Таким образом,

именно изменения в организации транспортного обслуживания городов могут обеспечить снижение антропогенного воздействия на окружающую среду. Эти изменения в первую очередь должны коснуться структуры мобильности населения: транспортного поведения, структуры общей и транспортной подвижности, качества и количества оказываемых транспортных услуг. Целью работы являлось определение и обоснование основных направлений изменения городской мобильности для реализации политики снижения антропогенного воздействия на окружающую среду и ее адаптации неизбежным изменения климата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов исследования были использованы данные о существующему и перспективному состоянию транспортной системы Москвы. Исходная информация для проведения анализа представляет собой открытые данные с официальных сайтов Правительства Москвы, Департамента градостроительной политики (mos.ru), ГАУ Института Генплана Москвы (genplanmos.ru). Также, в качестве материалов исследования были использованы Доклады межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в которых определяются основные параметры, характеристики, методы оценки изменения климата, а также дана оценка эффективности различных мероприятий по адаптации городов к изменениям климата и снижению антропогенного воздействия.

В качестве методов исследования использовались системный, сравнительный и ретроспективный виды анализа, которые позволили сформировать целостное представление о влиянии изменения мобильности населения на снижение антропогенного воздействия на городскую среду.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Москва как город имеет особый статус федерального значения, как столица и центр деловой, культурной, политической жизни страны, что определяет повышенные требования к качеству городской среды. С другой стороны, высокие плотности населения, большие расстояния, множество фокусов притяжения генерируют интенсивные транспортные и пешеходные потоки и высокую подвижность населения, что определяет наличие проблем в области устойчивого развития транспортной системы города. В таблице 1 представлено описание основных транспортных проблем Москвы.

Таблица 1. Проблемы устойчивого развития транспортной системы Москвы

Аспект устойчивого развития города	Транспортная проблема	Метод решения
социальный	Перегруженность улично-дорожной сети в часы «пик» Перегруженность системы пассажирского транспорта в часы «пик»	Развитие систем пассажирского транспорта; Формирование системы транспортно-пересадочных узлов и перехватывающих стоянок; Повышение комфортности и безопасности транспортных услуг.
экологический	Высокий уровень выбросов углеводородов от движущегося транспорта Экологические загрязнения: шум, пыль, вибрации	Снижение количества личного автотранспорта в городах; Переход на экологически чистые виды моторизованного и немоторизованного транспорта.
экономический	Затрудненные условия доступа к городским объектам; Нерациональное и неэффективное использование городских земельных ресурсов.	Полицентрическое развитие города; Реализация системы управления доступом к городским территориям на различных видах транспорта.

Пандемия 2020 года подчеркивает необходимость формирования «здоровых» городов - экологическая безопасность, комфортность, природность среды жизнедеятельности становятся индикаторами ее качества. С другой стороны, мировая общественность все больше привлекает внимание к последствиям изменения климата, причиной которого является антропогенная деятельность в городах, большую часть которой приходится именно на городской транспорт.

Городская политика Москвы нацелена на снижение количества личного автотранспорта в городе, как источника большинства транспортных проблем путем предложения альтернативы для передвижений в виде более эффективных и экологически чистых видов транспорта. Для организации массовых перевозок на большие расстояния приоритет имеет развитие систем пассажирского транспорта, как способа обеспечить существующую мобильность населения. Власти города декларируют распределение мобильности населения: 30% - на личном транспорте и 70% - на пассажирских видах транспорта, однако, признают, что для решения транспортной проблемы Москвы этого недостаточно. В повседневной жизни - приоритет отдается развитию пешеходного и велосипедного движения на городских улицах, которые становятся центром общественной жизни. Данная политика имеет ряд преимуществ, таких как высокие провозные способности скоростного внеуличного транспорта, снятие части нагрузки с магистральной улично-дорожной сети, наличие выбора у жителей способа совершения поездки, а также возможность решить ряд экологических проблем, определяющих качество городской среды. На рисунке 1 представлена принципиальная схема климатоориентированной транспортной политики, направленной на решение двух основных задач:

адаптации территорий к изменению климата путем рационального и эффективного использования городских территорий размещения транспортно-инженерной инфраструктуры:

снижения негативных последствий антропогенной деятельности от функционирования городского транспорта путем формирования транспортно-планировочной системы, обеспечивающей минимальные выбросы экологических загрязнений.

В таблице 2 представлены основные мероприятия.

Таблица 2. Мероприятия городской климатоориентированной транспортной политики

Мероприятия городской транспортной политики, направленные на адаптацию городов к изменению климата	Эффект для решения проблемы изменения климата
Развитие пешеходного движения	Снижение количества поездок в городе, совершаемых с использованием транспортных средств в радиусе пешеходной доступности городских объектов 700 -1000 м.
Развитие велотранспортной инфраструктуры и микромобильных транспортных средств	Снижение количества поездок в городе, совершаемых с использованием транспортных средств в радиусе доступности городских объектов до 3 – 5 км.
Развитие пассажирских видов транспорта	Снижение количества городских и районных поездок, совершаемых с использованием личных автомобилей. Рациональное использование территорий города при организации внеуличных систем пассажирского транспорта.

Реализация политики управления доступом к улично-дорожной сети	Снижение количества личного и грузового автотранспорта на улично-дорожной сети города. Осуществление контроля за выбросами углеводородов и экологическим классом транспортных средств. Эффективное и рациональное использование территорий под размещение объектов транспортно-инженерной инфраструктуры.
Экологически-ориентированное проектирование городских улиц	Создание внешней экологически безопасной среды жизнедеятельности для населения путем благоустройства и озеленения пространств улиц. Формирование линейных связей зеленого каркаса города.
Применение экологически видов транспорта	Снижение выбросов углеводородов от транспортных средств в городской среде. Снижение шумового загрязнения в городах.

ВЫВОДЫ

Городская мобильность населения оказывает значительное влияние на организацию движения транспорта в городах. Мероприятия по снижению подвижности населения на личном транспорте, потребительская переориентация на использование экологически чистых видов массового пассажирского транспорта, увеличение доли использования велосипедов, микро мобильных средств и пешеходных передвижений благоприятно скажется на состоянии окружающей среды, качестве городского воздуха. Перед городами стоит сложная, комплексная задача сбалансированного изменения транспортного поведения населения и модернизация транспортной системы, которая будет обеспечивать спрос населения на качественные транспортные услуги.

Исследование было проведено при поддержке проекта ВЕСК (Интеграция образования с поведением потребителей, связанным с энергоэффективностью и изменением климата в университетах России, Шри Ланка и Бангладеш), финансируемого при поддержке Европейской комиссии. Выводы и мнения, представленные в настоящем документе, отражают только точку зрения авторов, и Комиссия не может нести ответственность за любое использование информации, содержащейся в нем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барина Г.М., Ушакова Л.О., Гаева Д.В. Изменение климата в городах: экологические последствия климатических аномалий // В сборнике: Изменение климата в городах: формы и стратегии адаптации с особым рассмотрением роли российских городских садов. Сборник материалов международной конференции: научное электронное издание. 2019. С. 62-69.
2. Власов Д.Н., Данилина Н.В., Бахирев И.А. Разработка проекта планировки линейного объекта улично-дорожной сети на основе инновационных подходов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 32-37.
3. Города и изменение климата: направления стратегии глобальный доклад о населенных пунктах. 2011 г. 67 с. Режим доступа: <http://www.unhabitat.org/grhs/2011>
4. Иванова З.И., Айхнер М. Управление в целях смягчения последствий изменения климата в городах: европейский опыт // Экономика и предпринимательство. 2020. № 5 (118). С. 300-303.
5. Рагимов Э.А. Влияние транспорта на экологию // Техника и технология транспорта. 2020. № 1 (16). С. 14.
6. Lee T.M., Markovitz E.M., Howe P.D., et al. Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *NatureClimateChange*, 2015, vol. 5, pp.1014-1020 DOI: 10.1038/nclimate2728
7. Sternad M., Knez M., Rosi B. Усовершенствование городского транспорта с целью снижения выбросов CO2 // *Transport Problems*. 2010. Т. 5. № 4. С. 95-103.

АРХИТЕКТУРА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ВОПРОСЫ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Н.В. Дубынин¹, В.В. Коновалова^{1,2,3}

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, archresearch@mail.ru

^{1,2}АО «ЦНИИПромзданий», 127238, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 46, корп.2

³Национальное объединение «Доступная городская среда», 115172, г. Москва, Гончарная наб. 9/16, стр.1, viking9001@rambler.ru

Аннотация

С развитием строительства высотных зданий и использованием их для размещения жилых и общественных помещений возникает вопрос их доступности для маломобильных групп населения (далее МГН), решение которого связано со спецификой архитектурно-планировочных решений данных объектов. При их проектировании возникают сложности вертикального перемещения, ориентации, микроклимата и эвакуации.

Вертикальное перемещение для МГН на большую высоту исключает какие-либо приспособления и устройства кроме транспортирования в лифте. Лестницы могут использоваться только частично, для связи смежных этажей, но не доступа на верхние этажи здания, которое выше 75 м (25 этажей). Соответственно это определяет особые требования к вертикальному транспорту как в части параметров определяющих комфорт, влияющих на психическое и физическое здоровье пользователей.

Микроклимат в помещениях, обеспечивающий комфорт пользователей, требует особого внимания в части учета потребностей людей, чувствительных к параметрам окружающей среды. Например, одним из таких факторов в высотных зданиях является эффект раскачивания верхних этажей, который при длительном пребывании могут влиять на вестибулярный аппарат и общее самочувствие.

Ориентация в пространстве часто оказывается сложной в большинстве современных зданий, а особенно в высотных, где часто используются архитектурно-планировочные приемы характеризующиеся оригинальностью плана, применением современных материалов, в том числе светопрозрачных, что приводит к усложнению путей движения, затруднению интуитивной ориентации и существенно затрудняет самостоятельное перемещение любых пользователей, но особенно слабовидящих людей.

Традиционно сложным вопросом при формировании архитектурно-планировочных решений высотных зданий является организация эвакуации. Он актуален для людей любого возраста и состояния физического здоровья, но особенно остро стоит для МГН, самостоятельная эвакуация которых из высотного здания невозможна. В связи с этим их спасение обеспечивается за счет организации зон безопасности и переходов в соседние здания. Эти планировочные элементы в высотных зданиях имеют свои особенности и их планировочная организация, оснащение и оборудование, требует особого внимания.

Цель работы изучение указанных выше вопросов доступности как важных факторов обеспечивающие безопасность и комфорт МГН при пользовании высотными зданиями, занимающими в настоящее время все большую долю рынка недвижимости. Основным методом служит сбор и анализ информационных данных, результатами являются выводы по формированию архитектуры высотных зданий, обеспечивающей их доступность для МГН.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий имеет свою специфику, ещё недостаточно изученную отечественными инженерами, студентами и аспирантами строительных специальностей. Имеющиеся литературные источники освещают, как правило,

только отдельные аспекты этого перспективного вида строительства [1. с.9]. С выходом МГСН 4.19-2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве», а позже СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» и других документов были решены многие вопросы, в том числе определения высоты, классификации зданий, которые были спорными в начале 21 века, при их решении главным аргументом был зарубежный опыт [2. с.8], [3. с.9], [4. с.11]. Дальнейшее развитие высотного строительства обусловлено целым рядом перспективных направлений, привлекательных для инвестиций, которые рассмотрены исследователями архитекторами, это многофункциональные объекты, биоклиматические и биоэкологические, бионические решения, города-башни, города пирамиды и т.п. [5. с.127-136].

Научная проблема доступности для МГН высотных зданий обусловлена незначительным объемом исследований в данной области и принципиальными отличиями архитектурно-планировочных решений данных зданий. Практика эксплуатации показывает наличие существенных сложностей с перемещением по зданию, эвакуацией из него, а также отрицательного влияния на здоровье пользователей внутренней среды.

Актуальность исследований в данной области определяется динамичным увеличением темпов строительства высотных зданий и, следовательно, ростом их удельной площади среди объектов недвижимости в крупнейших городах нашей страны. При этом по функциональному назначению это могут быть самые разнообразные объекты: жилые, общественные, производственные и многофункциональные. Поэтому обеспечение доступности высотных зданий для МГН необходимо для того, чтобы, прежде всего, не допустить снижение доступности городской среды в целом, а также в целях реализации принципов Конвенции ООН о правах инвалидов, вступившей в силу в Российской Федерации 25 октября 2012 г. Применение научных решений в данной области будет способствовать практическому архитектурному проектированию и повышению качества городской среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным методом исследования является сбор проектных и научных материалов в области архитектурно-планировочных и архитектурно-технических решений высотных зданий, их обобщение и аналитическая обработка на предмет обеспечения доступности МГН.

Объектом исследования являются архитектурно-планировочные, архитектурно-технические приемы обеспечения доступности высотных зданий для МГН.

Выбор методики исследования определен наличием информационных материалов, аналитическая обработка которых позволяет получить научно-обоснованные и достоверные результаты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вертикальный транспорт, являющийся главным средством перемещения в высотном здании, все чаще выполняется в виде скоростных лифтов, требует особого анализа в части влияния на жизнедеятельность МГН. Высокая скорость лифтов позволяет обеспечить быстрый доступ к нужному этажу и избежать пробки, которые в некоторых случаях, в высотных зданиях с не скоростными лифтами могут составлять 45 мин и более. Однако именно это становится фактором, влияющим на здоровье пользователей. Так лифт в здании Всемирного торгового центра в НьюЙорке в США перемещается со скоростью 10 м/с, в башне Тайбэй в Тайбе, Китай - 101 - 17 м/с, в Финансовом центре в Гуанчжоу, Китай - 20 м/с. [1. с.294].

Как известно, при пользовании скоростными лифтами, практически все люди ощущают эффект заложенности ушей во время движения. В зависимости от состояния здоровья человека, этот эффект может быть болезненным [6]. Это вызвано вибрацией, повышенным

шумом, скачками давления в результате турбулентности в шахте лифта, а также перепадом давления между первым и верхним этажом, который на каждые 100 м высоты составляет 10,1 мм. ртутного столба.

В настоящее время ведущими производителями разрабатываются специальные устройства для поддержки давления и снижения вибрации и шума в кабине лифта, позволяющие снизить скачки давления, вызванные турбулентцией в шахте, на 37%, а шум до 45 дБ. [7]. Но перепад давления, связанный с высотой подъема изменить нельзя.

Следует учитывать, что при быстром подъеме не все люди могут адаптироваться к резкой смене давления. Между тем проживающим и работающим в высотных зданиях приходится совершать поездки несколько раз в день. По нагрузке на организм врачи сравнивают такой подъем, длящийся несколько секунд, с получасовой пробежкой. [8].

При частом пользовании скоростными лифтами люди могут отметить такие симптомы как – потемнение в глазах, посторонний звук в ушах и т.п. [9], а также могут быть спровоцированы повышенное артериальное давление [10].

Подобные поездки можно считать вредными для МГН, в т.ч. людям, страдающим повышенным или нестабильным артериальным давлением, беременным женщинам.

Если проживающий в высотном здании решает реже пользоваться лифтом, стараясь не покидать свой этаж (квартиру), возможно возникновение психологических проблем характерных при снижении «связи» с землей и сокращения контактов с соседями, это:

- чувство одиночества, недовольство и отчужденность;
- страх, что скорая помощь может не успеть на вызов;
- десоциализация детей, в результате ограничения общения со сверстниками;
- преувеличенная боязнь преступности, новых контактов, подозрительность.

Одним из возможных путей решения данной проблемы, хотя и не кардинальным, может служить использование для подъема МГН отдельного лифта, скорость которого регулируется согласно рекомендаций медиков, с учетом состояния здоровья человека, что позволит исключить резкую смену давления между нижним и верхним этажом, но за счет увеличения времени на поездку. Также надо отметить, что это будет не выгодный экономически вариант решения вертикального транспорта для инвестора.

Внутренняя среда является важным фактором, постоянно влияющим на пользователей здания и их здоровье. Один из ее параметров эффект раскачивания верхних этажей высотного здания в результате горизонтального перемещения при отклонении верхней части от вертикальной оси под действием таких природных факторов как ветер и сейсмика. Обычно башни проектируют таким образом, что максимальная амплитуда отклонения верхней части от вертикальной оси достигает не более одной пятисотой их высоты, однако на высоте более 100м раскачивание становится ощутимым. Приведем некоторые примеры. Так в плохую ветренную погоду верх известных высотных башен отклоняется от вертикальной оси на следующие величины. «Федерация» в Москве, Россия высотой 374 м, на 70 см. [11]. «Бурдж Халифа» до 2010 года «Бурдж-Дубай» в Дубай, ОАЭ высотой 829,8 м на 1,5 метра. «432 Парк-Авеню» в Нью-Йорке, США, высотой 426 м на 1,2-1,5 метра. «Эмпайр-Стейт-Билдинг» (*Empire State Building*) в Нью-Йорк, США высотой 381 м. на 0,5-0,7 метров. «Уиллис-Тайуэр» (*Willis Tower*), до 2009 года — *Сирс Тайуэр (Sears Tower)* в Чикаго, США, высотой 442,1 м, на 30 см [12].

Башня «Трансамерика Пирамид» (*Transamerica Pyramid*) в Сан-Франциско, США, высотой 260 м, находится на сейсмоопасном участке, и в 1989 году, когда был зафиксирован толчок магнитудой 7,1, ее верх в течение минуты раскачивался, отклоняясь от вертикальной оси на 30 сантиметров. В некоторых зданиях, чтобы уменьшить раскачивание, применяют специальные решения с использованием демпферов и т.п., например в башне Тайпэй 101 в Тайбэ, Тайвань 509,2 м устроен демпфер, который компенсирует раскачивание при сейсмических толчках [1. с.89].

В связи с этим следует отметить, что по данным медиков примерно 30% взрослых и около 60% детей подвержены синдромам укачивания. Симптомокомплекс кинетозов складывается из четырех видов реакций, которые могут проявляться по-разному:

двигательные реакции, изменение тонуса поперечнополосатой мускулатуры;
вегетативные расстройства, проявляющиеся побледнением, холодным потом, отсутствием аппетита, тошнотой, рвотой, брадикардией;
сенсорные реакции, характеризующиеся головокружением, нарушением пространственной ориентации;
психические расстройства.

В зависимости от доминирующей симптоматики кинетозы условно разделяют на четыре основные формы: нервная, желудочно-кишечная, сердечно-сосудистая, смешанная [13].

Кроме раскачивания верхних этажей отрицательными факторами внутренней среды высотных зданий для здоровья МГН можно отметить следующие:

- возможность возникновения и фона на верхних этажах ощутимых микроколебаний из-за природных микросейсмических процессов (постоянно существующих естественных колебаний Земли), работы транспортных средств, например, метро, а также из-за действия ветра и технического оборудования домов, которые способны вызвать чувство дискомфорта у человека;

- ограничение на открывание окон, в результате чего возникает необходимость в искусственной вентиляции, часто приводящей к сухости воздуха, скоплению бактерий в фильтрах, в т.ч. кондиционеров;

- возможность повышенного фона инфразвука. На земле он практически не ощущается, но на большой высоте может быть более высокой интенсивности, в результате чего, при совпадении с частотой колебания внутренних органов, возможно отрицательное влияние на их состояние [14];

- электромагнитные колебания, высокочастотное электромагнитное излучение, источники которых радиотелевизионные ретрансляторы и станции мобильной связи, силовые кабели, проходящие по стенам зданий, Wi-Fi, иногда офисная техника [9]. Процесс внедрения современных технологий управления инженерными системами и оборудованием особенно заметен именно на примере высотных зданий [15. раздел 4.3]. С одной стороны это помогает повысить комфорт в помещениях и безаварийность эксплуатации, с другой, в ряде случаев, создает негативные факторы.

Все вместе перечисленные факторы могут вызвать такие симптомы как:

- психологическое беспокойство, необъяснимое беспокойство, чувство незащищенности, страх, стресс;

- возникает (или обостряется) акрофобия – боязнь высоты;

- в некоторых случаях могут быть спровоцированы суицидальные мысли;

- опасение заболеть из-за частого использования кондиционеров;

- повышенная заболеваемость в результате ослабленного иммунитета и депрессии [10].

Ориентация в пространстве внутри здания часто оказывается затруднена в результате того, что ее необходимость не учитывается при проектировании. Современные оригинальные планировочные решения не всегда учитывают особенности МГН. На это влияют современные тенденции динамичных траекторий движения, с включением приемов игровых сценариев ориентации, привлекающих молодежь, или, в некоторых случаях, применение бизнес схем, требующих движение не по кратчайшему маршруту, а с проходом через определенные точки, привлечение к которым посетителей необходимо в коммерческих целях. Часто основным способом ориентации становится система навигационных указателей, т.е. пользователь может ориентироваться только по ней, не понимая как он идет к своей цели.

Усложненные схемы движения особенно часто применяются на этажах с помещениями, сдаваемыми в аренду предприятиям торговли и общественного питания. Но в ряде случаев ее

можно обнаружить и на типовых этажах. Кроме того высотные здания имеют широкий корпус, особенно их стилобатная часть, в результате коммуникационные пространства выполняются без естественного освещения, что исключает возможность ориентации по световым проемам. Всё это существенно осложняет самостоятельное перемещение МГН в высотных зданиях.

Высотные здания являются объектом, где особенно часто применяются светопрозрачные конструкции в виде дверей, перегородок и наружных ограждающих конструкций. Также часто встречаются и зеркальные элементы отделки. При этом не редко целью дизайна становится искажение пространства, используемое как игровой нюанс или фактор неожиданности. С одной стороны это создает в здании контекст применения современных технологий, с другой становится дополнительным барьером на пути слабовидящих категорий МГН, путая, дезориентируя и сбивая с маршрута. Сплошное остекление фасада, которое особенно ценится в современных интерьерах, в некоторых случаях вызывает боязнь высоты и чувство незащищенности от выпадения с этажа.

В числе правил, позволяющих сделать ориентацию доступной можно предложить следующие:

- по возможности обеспечить визуальную доступность цели движения (вход в здание, в помещение, лифтовой холл и т.п.);
- композиционное выделение цели основных маршрутов движения;
- оптимизация пути движения к цели посещения с его максимальным сокращением и исключением излишнего маневрирования;
- направление движения средствами композиции пространства, формы помещений, выделения пути движения рисунком пола или потолка;
- выделение системы ориентиров, запоминающихся видовых точек, объектов;
- обозначение светопрозрачных и светоотражающих конструкций, делая их доступными для распознавания слабовидящими, возможно с использованием звукового и светового оповещения о приближении;
- система навигационных знаковых, текстовых, световых и иных указателей должна играть вспомогательную функцию.

Перечисленные факторы могут иметь отрицательное психологическое влияние, вызвать такие симптомы как:

- раздражение из-за необходимости совершать нерациональные действия;
- необъяснимое беспокойство, стресс.

Эвакуация высотных зданий остается сложным вопросом безопасности. Поскольку, несмотря на споры специалистов, единственным эвакуационным путем являются лестницы [6. С.361], но спуститься по лестнице с высоты более 75 м сложно даже для здоровых людей, не имеющих нарушений функций организма: для выхода людей из здания требуется пройти по лестнице от 150 м до 1 км в потоке высокой плотности. Большинство людей испытывают усталость уже через 5 мин движения по лестнице вниз [17]. Использование лифта при пожаре и большинстве других ЧС невозможно по требованиям пожарной безопасности. Основным вариантом спасения МГН остается безопасная зона, где они могут дожидаться ликвидации опасных факторов ЧС или спасателей. В этой зоне площадь на одного инвалида, перемещающегося на кресле-коляске должна составлять 2,4 кв.м, а для передвигающегося самостоятельно 0,75 кв.м. Если предположить, что на одном этаже офисного здания может находиться до 100 чел, а количество инвалидов составляет 10% [16. с.364], в т.ч. 0,25% из них передвигаются на кресле-коляске, то общая площадь безопасной зоны только для инвалидов должна составлять $0,75 \times 10 + 1 \times 2,4 = 10$ кв.м. И это без учета различных групп инвалидов, требующих сопровождающего и других маломобильных граждан, спуск по лестнице для которых затруднен и требует большего времени, чем мобильных людей. Условно можно предположить, что площадь безопасной зоны для этажа, на котором пребывает 100 чел целесообразно увеличить до 25 кв.м.

Выделение большой площади под безопасные зоны не выгодно инвесторам, т.к. они не будут использоваться при штатной эксплуатации здания, а следовательно являются неэффективными. Одно из решений заключается в возможности использования безопасных зон как помещений двойного назначения, что, к сожалению, исключается сегодня нормативными документами. При штатной эксплуатации такое помещение могло бы служить в качестве уборной, холла, зала совещаний и т.п. Но необходимо решить вопрос оперативной уборки (трансформации) мебели.

Кроме того следует решить вопрос оборудования безопасной зоны с учетом возможности длительного пребывания в ней людей. Если эвакуация из высотного здания людей передвигающихся самостоятельно может составлять 20 – 45 мин, то спасение из зон безопасности может увеличиться до нескольких часов, в зависимости от характера ЧС. Длительное пребывание в зоне МГН требует как минимум наличия уборной, сидений, средств связи и информации, места для оказания первой помощи. Всё это также может потребовать увеличения площади безопасной зоны на 25-50% до 40 кв.м.

Другим вариантом спасения, пока мало проработанным и редко используемым на практике, может служить переход в соседнее здание, устраиваемый через несколько этажей. Это позволило бы осуществлять эвакуацию по лестницам до этажа с переходом, а далее, перейдя в соседнее здание можно спуститься на лифте. Данный вариант мог бы быть доступен многим группам МГН, в том числе пользующихся креслом-коляской. Однако его применение требует решения целого ряда вопросов безопасности и расчета лифтов с возможностью принять поток эвакуирующихся без ущерба безопасности жителям и арендаторам второй башни. И, что немаловажно, решения нормативных коллизий, затрудняющих использовать данный планировочный прием, так как здание (сооружение) должно иметь самостоятельные выходы, не связанные с другими зданиями.

Нерешенность вопросов эвакуации и спасения из высотных зданий при ЧС вызывает у многих пользователей такие психологические симптомы как:

- опасения в отсутствии возможности спасения при пожаре;
- необъяснимое беспокойство, чувство незащищенности, страх, стресс.

ВЫВОДЫ

Анализ рассмотренного материала показывает возможность решения поставленной цели – сделать высотные здания доступными и безопасными для МГН на базе проведения НИР, которые бы позволили внести ряд дополнений в существующую нормативную базу.

Пользование вертикальным транспортом требует доработки и массового внедрения технических средств, позволяющих исключить такие отрицательные факторы возникающие во время движения лифта, как шум, вибрация, скачки давления, а также определить оптимальную скорость лифта снижающую эффект перепада давления между верхними и нижними этажами.

Внутренняя среда требует развития инженерно-технических систем повышающих защиту помещений от инфразвука, микроколебаний, источников электромагнитных излучений и существенного совершенствования вентиляционных и климатических систем, позволяющего удешевить их устройство и обслуживание без снижения качества воздуха. Однако проблему раскачивания верхних этажей пока решить полностью не получится.

Ориентация в высотном здании может быть решена достаточно просто, за счет повышения квалификации проектировщиков в данном вопросе. Технические нюансы, мешающие решить этот вопрос, отсутствуют. Главным методом является выполнение планировочных и композиционных правил построения внутреннего пространства зданий.

Эвакуация МГН из высотных зданий и повышение их безопасности, может быть решена в результате применения новых требований и рекомендаций по проектированию безопасных зон, увеличения их площади и совершенствования оборудования. Также целесообразна отработка вопросов спасения МГН из безопасных зон. Как на перспективное решение

вопросов безопасности можно обратить внимание на вопрос возможности перехода в соседнее здание и использование его вертикального транспорта.

Не зависимо от новаторских технических решений, которые, как правило, не исключают, а только смягчают действие отрицательных факторов, нужны рекомендации непосредственно для МГН с учетом их состояния здоровья, определяющие этажи или зоны высотного здания, посещение которых является относительно безопасным и те, которые не рекомендуется посещать из-за отрицательных факторов, влияющих на самочувствие или сложностей эвакуации.

Учитывая позитивную динамику развития инженерных систем, архитектурных решений и опыта строительства высотных зданий в целом можно предположить, что в перспективе доступность высотных зданий будет эффективно повышаться, обеспечив комфорт и безопасность данного вида недвижимости как для МГН, так и всех пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Граник Ю.Г. Строительство высотных зданий. Монография. Москва: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий», 2010. – 480 с.: ил.
2. Маклакова Т.Г. Высотные здания. М.: «АСВ», 2006. – 160 с., ил.
3. Рафайнер Ф. Высотные здания: Объемно-планировочные и конструктивные решения / Сокр. пер. с нем. Л.Э.Балановского; Под ред. Ю.А.Дыховичного. – М.: Стройиздат, 1982. – 180 с., ил. – Перевод изд.: Hochhauser / F.Rafeiner. – 1978.
4. Руководство по высотным зданиям. Типология и дизайн, строительство и технология / Пер. с англ. под общ. ред. С.В.Николаева. – М.: ООО «Атлант-Строй», 2006. – 228 с., ил. Перевод. изд.: High-Rise Manual Typology and Design, Construction and technology. Switzerland, Birkhauser Verlag AG, 2003.- 240 p., ill.
5. Магай А.А. Архитектура высотных зданий. Монография. – М.: Окей-книга, 2007. – 288 с.: ил.
6. Мануков С. Лифты со скоростью стресса // Эксперт Online. 29.05.2015. Режим доступа: <https://expert.ru/2015/05/29/byistree-molnii/> Дата обращения: 01.10.2020
7. Быстрейшие лифты. Часть первая: кабины следят за дыханием пассажиров // Научно-популярный журнал [www.Membrana.ru](http://www.membrana.ru). 13.05.2004. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/2767> Дата обращения: 01.10.2020
8. Исаков П.К. Ускорение, действие на организм // Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ), под редакцией Петровского Б.В., 3-е издание. Режим доступа: <https://xn--90aw5c.xn--c1avg/index.php/%D0%A3%D0%A1%D0%9A%D0%9E%D0%A0%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%95> Дата обращения: 01.10.2020
9. Натыкина Е. (Эксперты: Максимочкин В., Жигалин А., Чурикова Е.) Как сказывается жизнь в небоскребе на здоровье? // Как здорово. 26.04.2013. Режим доступа: <http://zdogovo.meta.ua/v/12645.html> Дата обращения: 01.10.2020
10. Американские медики считают, что жить в небоскребах вредно для здоровья // «5» (Пятый канал). 11.05.2012. Режим доступа: <https://m.5-tv.ru/news/54354/> Дата обращения: 01.10.2020
11. Коробкова Е. Инженеры рассказали, почему нельзя строить небоскребы выше 500 метров // Комсомольская Правда. 26.10.2019. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27047.5/4112751/> Дата обращения: 01.10.2020
12. Держитесь крепче: как шатаются башни и небоскребы // РИА Недвижимость. 17.05.2017. Режим доступа: <https://realty.ria.ru/20170413/408518830.html> Дата обращения: 01.10.2020
13. Кинетоз - болезнь передвижения. симптомы, диагностика, профилактика и лечение // Журнал "Практика педиатра". 28.02.2015. Режим доступа: <https://medi.ru/info/95> Дата обращения: 01.10.2020
14. Специалисты назвали самые безопасные этажи для жилья // Информационный ресурс ADME.ru. 2018. Режим доступа: <https://www.adme.ru/zhizn-nauka/specialisty-nazvali-samye-bezopasnye-etazhi-dlya-zhilya-1640765/> Дата обращения: 01.10.2020
15. Магай А.А. Архитектурное проектирование высотных зданий и комплексов. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 248 с.: ил.
16. Современное высотное строительство. Монография. Под ред Щукиной Н.М. М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», ОАО ЦНИИЭП жилища, 2007. – 464 с., ил.
17. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий // Жилищное строительство. 2008. №8. Стр. 24-27.

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

О.Н. Дьячкова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 2-я Красноармейская ул., 4, Санкт-Петербург, 190005, Россия
dyachkova_on@mail.ru,

Аннотация

Актуальность. Состояние здоровья населения находится под влиянием комплекса факторов среды обитания, включающего группы: социально-экономические, санитарно-гигиенические, образа жизни. Степень воздействия комплекса групп факторов на человека различна во времени и пространстве. Достигнутые в субъектах Российской Федерации результаты при обеспечении гармоничного развития городской среды не обладают динамической устойчивостью. Сложившиеся тенденции могут быть нарушены при неблагоприятных условиях природного, природно-техногенного, техногенного характера, способствующих загрязнению окружающей среды.

Цель: оценка экологической обстановки урбанизированной территории с позиции антропогенно-техногенных вызовов природным компонентам городской среды, взаимосвязанным с медико-демографической ситуацией.

Материалы и методы: изучение и обобщение информации по сложившейся ситуации и прогнозным оценкам о степени влияния состояния природных компонентов городской среды, в том числе атмосферный воздух, урбанизированная почва, водные ресурсы на здоровье населения. Системный анализ на основе материалов, представленных в статистических обзорах. Глубина исследования 2012-2019 гг.

Выводы. Сохранение и системное улучшение качества природных компонентов городской среды влечёт за собой общее снижение доли населения с нарушениями здоровья, которые ассоциированы с состоянием атмосферного воздуха, почвы, питьевых вод. Переход на новый, более высокий уровень возможен на основе системного подхода к управлению рисками загрязнения природы в процессе формирования комфортной городской среды. На современном этапе развития урбанизированной территории приоритетным остаётся решение вопросов по ликвидации накопленного ущерба, снижению текущей и будущей техногенно-антропогенной нагрузки на природу, трансграничному переносу загрязнений.

ВВЕДЕНИЕ

По данным всемирной организации здравоохранения качество среды обитания обуславливает порядка 15-25 % глобального бремени болезней. Факторам риска, вносящим основной вклад в дополнительную, ассоциированную с состоянием окружающей среды, заболеваемость и смертность населения, относятся постоянное и многокомпонентное загрязнение атмосферного воздуха, питьевой воды и почв урбанизированных территорий. Приоритетным, среди формирующих медико-демографические потери населения страны, продолжает оставаться химическое и биологическое загрязнение природных компонентов городской среды. [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Системный анализ на основе материалов, представленных в государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации за 2012-2019 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состояние здоровья населения характеризуется показателями: ожидаемая продолжительность жизни, смертность общая, смертность населения в трудоспособном возрасте, заболеваемость общая, заболеваемость детского населения. [1]

Комплекс факторов среды обитания, оказывающих влияние на состояние здоровья человека, включает группы: социально-экономические факторы, санитарно-гигиенические факторы, факторы образа жизни. [1]

Приоритетность влияния той или иной группы факторов среды обитания на состояние здоровье населения страны изменяется во времени (табл. 1).

Таблица 1. Зависимость населения Российской Федерации от влияния факторов среды обитания [1-8]

Наименование группы	Ориентировочная доля наиболее подверженного населения, %							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Социально-экономические факторы	55,1	58,4	56,8	60,3	61,0	68,1	64,3	66,2
Санитарно-гигиенические факторы	72,9	72,9	63,5	60,9	63,4	63,8	62,3	63,7
Факторы образа жизни	54,4	55,3	50,7	50,7	46,6	56,9	48,7	50,6

Несмотря на то, что численность населения, подверженного влиянию санитарно-гигиенических факторов, за период с 2012 по 2019 гг. снизилась почти на 10 %, более половины населения страны ежегодно ощущает негативное воздействие этой группы. По коэффициентам корреляционной зависимости уровень влияния группы санитарно-гигиенических факторов на ключевой целевой показатель развития страны - ожидаемую продолжительность жизни в 2013 г. составлял 0,55, в 2014 г. - 0,38, на среднесрочный период до 2024 г. прогнозируется 0,43. [1, 6, 7]

Вероятный темп снижения первичной заболеваемости населения на уровне 0,3 % в год и темп снижения смертности населения на уровне 0,66 % в год, что соответствует увеличению ожидаемой продолжительности жизни на 0,04 % или 0,03 года прогнозируется в случае улучшения качества объектов окружающей среды на фоне улучшения социально-экономических показателей и образа жизни. [1]

Прогноз развития санитарно-эпидемиологической ситуации и состояния здоровья населения основан на вероятности того, что в период до 2024 г. сохранятся базовые параметры вклада во влияние на состояние здоровья групп факторов среды обитания: социально-экономические факторы - в пределах 40,0-42,0 %, санитарно-гигиенические факторы - 28,0-32,0 %, факторы образа жизни - 27,0-31,0 %. [1]

К санитарно-гигиеническим факторам, формирующим негативные тенденции в состоянии здоровья населения, относятся: комплексная химическая нагрузка (химическое загрязнение пищевых продуктов, питьевой воды, атмосферного воздуха и почвы); комплексная биологическая нагрузка (биологическое загрязнение пищевых продуктов, питьевой воды и почвы); комплексная нагрузка, связанная с физическими факторами (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения). При наметившейся тенденции снижения комплексной химической нагрузки на население (снижение за период с 2011 г. составило 14,1 %, при среднем ежегодном снижении почти на 3,5 %), продолжает оставаться стабильным уровень воздействия комплекса биологических факторов и развития негативной тенденции увеличения воздействия физических факторов (табл. 2). [1-8]

Таблица 2. Зависимость населения Российской Федерации от влияния санитарно-гигиенических факторов [1-8]

Год	Вид нагрузки					
	комплексная химическая нагрузка		комплексная биологическая нагрузка		комплексная нагрузка, связанная с физическими факторами	
	Подверженность воздействию нагрузки					
	количество субъектов РФ численность населения	% населения	количество субъектов РФ численность населения	% населения	количество субъектов РФ численность населения	% населения
2011	93,9 млн. чел.	...	60,8 млн. чел.	...	73,8 млн. чел.	...
2012	<u>48 субъектов</u> 89,1 млн. чел.	62,6	<u>35 субъектов</u> 64,4 млн. чел.	45,3	<u>33 субъекта</u> 52,9 млн. чел.	37,1
2013	<u>48 субъектов</u> 89,1 млн. чел.	...	<u>36 субъектов</u> 67,3 млн. чел.	...	<u>33 субъекта</u> 52,9 млн. чел.	...
2014	87,69 млн. чел.	...	53,66 млн. чел.	...	46,96 млн. чел.	...
2015	84,25 млн. чел.	...	61,05 млн. чел.	...	52,08 млн. чел.	...
2016	92,8 млн. чел.	...	63,2 млн. чел.	...	51,8 млн. чел.	...
2017	<u>50 субъектов</u> 82,9 млн. чел.	...	<u>39 субъектов</u> 61,2 млн. чел.	...	<u>25 субъектов</u> 52,1 млн. чел.	...
2018	<u>46 субъектов</u> 82,8 млн. чел.	56,4	<u>38 субъектов</u> 64,2 млн. чел.	43,7	<u>27 субъектов</u> 56,3 млн. чел.	38,4
2019	<u>41 субъектов</u> 81,3 млн. чел.	55,4	<u>36 субъектов</u> 59,4 млн. чел.	40,5	<u>30 субъектов</u> 67,5 млн. чел.	46,0

В качестве основных показателей, характеризующих ущерб для здоровья населения от загрязнения окружающей среды, используются расчётные показатели дополнительных случаев смертности и заболеваемости, ассоциированные с загрязнением природных компонентов. В силу постепенного снижения загрязнения атмосферного воздуха городских и сельских поселений, улучшения качества питьевой воды централизованного и нецентрализованного водоснабжения, почв урбанизированных территорий общее число смертей и заболеваний населения, ассоциированных с факторами внешней среды, постепенно сокращается. Наиболее существенным является снижение числа смертей и заболеваний, детерминированных качеством атмосферного воздуха. Вместе с тем, загрязнение природных сред - атмосферного воздуха, воды и почвы продолжает оставаться приоритетным фактором опасности для здоровья человека (табл. 3). [1-7]

Таблица 3. Влияние на показатели здоровья населения Российской Федерации состояния природных компонентов окружающей среды [1-7]

Вызовы природным компонентам окружающей среды	Показатель здоровья населения	Число дополнительных случаев, ассоциированных с загрязнением природных компонентов окружающей среды, тыс. чел.						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Загрязнение атмосферного воздуха	Смертность	18,1	11,2	8,0	4,8	2,48	2,39	3,2
	Заболеваемость	3979,4	3411,0	3020,0	2730,9	1657,74	863,55	880,5
Загрязнение питьевой воды	Смертность	14,1	11,0	5,9	18,9	15,27	16,05	12,5
	Заболеваемость	3151,9	2900,0	1455,2	1486,6	2062,0	1764,49	1686,9

Загрязнение почвы	Смертность	9,1	8,7	7,9	3,2	...	4,7	4,1
	Заболеваемость	1212,3	779,2	1009,5	1341,3	1401,71	345,08	290,8

Связанные с неудовлетворительным качеством окружающей среды случаи заболеваний и смерти, обусловленные вредным воздействием химических, физических и биологических факторов, неизбежно приводят к потерям занятости экономически активного населения в процессе производства ВВП (табл. 4). [1-4, 7]

Таблица 4. Влияние санитарно-гигиенических факторов среды обитания населения на экономику страны

Год	Утрата нетрудоспособности в связи со смертью, болезнью или по уходу за больным, млн. раб. дн.	Сумма недопроизведённого ВВП, млрд. руб.	Динамика потерь ВВП в сопоставимых ценах
2013	...	192,8	...
2016	...	126,0	с 2015 г. ↓ на 7 %
2017	26,3	118,0	с 2016 г. ↓ на 8,8 %
2018	38,6	124,0	с 2013 г. ↓ на 22,1 %
2019	31,4	87,6	с 2012 г. ↓ на 36,9 %

Степень воздействия загрязнений окружающей среды на здоровье населения различна в пространстве территории страны. Анализ материалов [1-8] позволяет выявить следующие аспекты взаимосвязи состояния природных компонентов городской среды Санкт-Петербурга и показателей здоровья его жителей.

Атмосферный воздух. Показатель по удельному весу проб атмосферного воздуха с превышением максимально-разовых и среднесуточных предельных концентраций загрязняющих веществ за 2012-2019 гг. находился на уровне или не превышал среднероссийский. В 2017 г. Санкт-Петербург отмечен как территория, которой характерна устойчивая тенденция к улучшению качества воздуха и, соответственно, к снижению смертности и заболеваемости населения, ассоциированных с химическими факторами ингаляционного риска. При этом за 2011-2017 гг. выявлялись превышения среднероссийского показателя по уровню общей заболеваемости всего населения и детей; стандартизованной смертности всего населения от злокачественных новообразований; заболеваемости астмой, астматическим статусом взрослого и детского населения, детерминированных качеством атмосферного воздуха. Смертность населения от новообразований устойчиво ассоциирована в 2012 г. с загрязнением атмосферного воздуха бенз(а)пиреном, формальдегидом и рядом тяжёлых металлов (прежде всего кадмия, свинца и его неорганических соединений); в 2014 г. с загрязнением бенз(а)пиреном и формальдегидом. По уровню заболеваемости астмой, астматическим статусом детей в 2011 г. среднероссийский показатель превышает в 1,3-1,5 раза и более, в 2012 г. - в 1,5 раза и более; в 2013 - от 1,1 до 1,4 раза; в 2014-2016 гг. - в 1,5 раза и более; в 2017 г. - от 1,1 до 1,4 раза. [1-8]

Водные ресурсы. Отмечалось плохое состояние источников централизованного питьевого водоснабжения в 2012 и 2013 гг., а также значительные превышения ГН по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям водоёмов I и II категорий, морей в 2017-2019 гг. Однако с 2013 по 2019 гг. в Санкт-Петербурге - одно из лучших в стране качество воды систем централизованного и нецентрализованного водоснабжения и в период за 2012-2019 гг. показатели здоровья жителей, ассоциированные с качеством питьевой воды, находятся на уровне или не превышают среднероссийский. [1-8]

Почва. В пробах почв, отобранных в т. ч. на селитебных территориях, отмечались превышения ГН по санитарно-химическим показателям в 2011-2019 гг., по микробиологическим в 2014 г. и 2019 г., по паразитологическим в 2018 г. При этом в 2014-2018 гг. на уровне или не превышался среднероссийский показатель по числу

дополнительных случаев заболеваемости детского населения некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями, обусловленных микробиологическим загрязнением почв селитебных территорий. [1-8]

В целом по стране для того или иного года характерен комплекс природных, природно-техногенных и техногенных вызовов компонентам окружающей среды.

Качество атмосферного воздуха субъектов Российской Федерации формируют факторы: планировка городов (размещение жилых массивов под воздействием выбросов промышленных объектов, ТЭЦ; плотная городская застройка; отсутствие свободной циркуляции воздуха); транспортная инфраструктура (увеличение числа транспортных средств, в т. ч. с двигателями внутреннего сгорания; медленный переход автопарка на автомобили класса Евро-3, Евро-4; использование транспортными средствами автомобильного топлива, не соответствующего требованиям экологического класса К4 и К5 по содержанию загрязняющих веществ; слабое использование альтернативных, в т. ч. возобновляемых, источников энергии; низкая пропускная способность автомобильно-дорожной сети); промышленные объекты (использование ископаемых видов топлива; слабое использование альтернативных, в т. ч. возобновляемых, источников энергии; отсутствие высокоэффективного пылегазоочистного оборудования; использование устаревших технологий и оборудования); частный жилищный сектор (использование ископаемых видов топлива, биомассы; отсутствие газопылеочистного оборудования); сжигание отходов производства и потребления; природные пожары; утилизация ТБО; техногенные аварии и катастрофы; возникновение неблагоприятных метеорологических условий для рассеивания примесей в атмосфере. [1-4, 8]

К факторам, оказывающим влияние на состояние воды водоёмов используемых для водоснабжения и в рекреационных целях, относятся: факторы природного характера (повышенное содержание в воде водных объектов химических соединений, эвтрофикация водных объектов, паводки); локальный дефицит водных ресурсов; хозяйственная деятельность, включая промышленность, добычу полезных ископаемых, транспортную инфраструктуру, жилищно-коммунальное и сельское хозяйство (осуществление различных форм землепользования; загрязнение акваторий водных объектов водным транспортом; перегрузки и некачественная работа очистных сооружений; отсутствие очистки бытовых сточных вод и фекальных стоков в домохозяйствах; сброс недостаточно очищенных ливневых и сточных вод; залповые и аварийные сбросы; смыв с сельскохозяйственных угодий удобрений, химических средств защиты растений, отходов животноводства; разливы нефти и нефтепродуктов; проблемы удаления жидких и твёрдых отходов производства и потребления; низкий уровень внедрения прогрессивных водосберегающих технологий производства, систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, сокращения непроизводительных потерь воды); рекреационная деятельность; трансграничный перенос загрязняющих веществ; состояние зон санитарной охраны централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения (несоблюдение особого санитарно-эпидемиологического режима на территориях зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения и водоохраных зон, наличие бесхозных водозаборов, несвоевременное проведение текущих и капитальных ремонтов колодцев и каптажей, слабая защищённость подземных водоносных горизонтов от загрязнения с поверхности территорий); водоподготовка (высокий износ основных фондов; использование устаревших технологий очистки и водоподготовки, обеззараживания, доведения воды до заданных параметров качества); вторичное загрязнение питьевой воды в сетях водоснабжения (изношенность и аварийность распределительных водопроводных сетей и сооружений, нестабильная подача воды). [1-8]

Основными причинами загрязнения почвы являются: отходы производства и потребления (увеличение количества ТБО, неэффективная система санитарной очистки территорий, неудовлетворительное решение проблем утилизации и обезвреживания бытовых и

промышленных отходов); несанкционированные свалки (захламление отходами территорий городских и сельских поселений, пригородных зон, лесов, сельхозугодий, берегов водных объектов); транспортная инфраструктура (увеличение числа автомобилей, сети АЗС, автомоек, станций техобслуживания, гаражей, стоянок автотранспорта); выбросы предприятий различных отраслей (металлургия, машиностроение, энергетика, строительство и пр.); водоотведение (отсутствие в ряде населённых мест централизованной системы канализации; неудовлетворительное состояние канализационных сетей); сельское хозяйство (применение агрохимикатов); синантропные животные (рост численности переносчиков возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний); домашние животные (отсутствие специальных площадок для выгула); аварийные разливы (нефтепродуктов, других химических веществ и соединений). [1-5, 8]

ВЫВОДЫ

Качество среды обитания и его влияние на состояние здоровья населения характеризуется различным уровнем обусловленности этого воздействия в том или ином субъекте Российской Федерации. В целом бремя болезней, детерминированных загрязнением среды обитания, оценивается на уровне 15-35 %. Специфика и соотношение уровня воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения определяют демографические потери.

Комплекс природных, природно-техногенных и техногенных вызовов компонентам окружающей среды, приводящий к загрязнению атмосферного воздуха, почвы, водных ресурсов в регионе, устойчиво связан с состоянием здоровья его жителей.

Основными группами факторов, которые создают нагрузку на окружающую среду, формируют качество природных компонентов городской среды, способствуют накоплению ущерба, являются хозяйственная деятельность, транспортная инфраструктура, отходы производства и потребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2020. 299 с.
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2019. 254 с.
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2018. 268 с.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2017. 220 с.
5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2016. 200 с.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2015. 206 с.
7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2014. 191 с.
8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2012 году: Государственный доклад - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2013. 176 с.

ЗДАНИЯ-МОСТЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ ГОРОДОВ

А.В. Захаров¹, Т.Р. Забалуева²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹zakharov.arkady@yandex.ru

²trzabalueva@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Малые реки и ручьи возникли и существовали на современных территориях городов задолго до их основания и выполняли разные функции, вызванные потребностями горожан (питьевое и технологическое водоснабжение и водоотведение, транспортные, рекреационные и т.п.) Иными словами использовались для бытовых и хозяйственных нужд. На территории Москвы, например, насчитывается около 100 речек. По мере роста потребности территорий под застройку и развития улично-дорожных сетей самые малые ручьи и реки забирались в подземные коллекторы, более крупные, обустраивались транспортными и пешеходными набережными, прибрежными парковыми территориями. Суммарная протяженность участков земли вдоль рек, пригодных под застройку составляет около 150км. Это земли у реки Москвы, Яузы, Сетуни, Очаковки, Раменки, Сходни, Чермянки, Лихоборки, Пономарки, Котловки. Коршунихи, Чертановки, Городни, Неверки, Чурилихи и др. Все открытые реки, являясь протяженными препятствиями, общая протяженность которых в крупных городах достигает десятки и сотни километров, разрывают дорожно-уличные сети городов. Так протяженность реки Москвы в пределах города составляет около 80км, малых рек – около 160км [1].

Проблема разрыва улично-дорожных сетей городов стала особо критичной в связи с бурной автомобилизацией городов и значительным отставанием от нее темпа возведения мостов (количество которых, в зависимости от размера города, может достигать от нескольких десятков до нескольких сотен), связывающих разделенные реками и ручьями городские территории [2,3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нехватка государственных средств на мосто-дорожное строительство, вынуждает привлекать частные инвестиции с последующим введением платы за проезд, что не приветствуется пользователями дорог. Для эффективного привлечения частного капитала в решении транспортной проблемы предлагается строительство объектов, в которых совмещается транспортная функция с функцией, приносящей быстрый и значительный доход. Таким объектом может быть здание-мост, в котором наряду с проезжей частью должны быть арендные площади, предназначенные для размещения на них торговли, высоко доходного производства или площадей под общественно необходимые функции в данном районе. Желание использовать здания – мосты с этой целью присутствует в умах архитекторов достаточно давно. Так, например, бюро BIG в Норвегии под руководством Бьярке Ингельса предложило павильон-мост в парке Кистефос (рис.1) с размещением в нем музейного павильона [4]. Однако в нем отсутствует проезжая часть.



Рис. 1. Павильон-мост в парке Кистефос, Норвегия

А проект культурно-досугового здания-моста на р. Яуза был предложен ответственными авторами (рис.2). В нем предусмотрена проезжая часть, что видно на нижнем уровне здания-моста, выделенном на чертеже разреза голубым цветом.



Рис. 2. Проект культурно-досугового здания-моста на р. Яуза. Арх. Грибач Ю.С.

Исследуемый пример р. Яузы и прилегающих к ней застройки выявил 7 потенциальных участков для возможного возведения зданий мостов, в которых требуется разместить: выставочные залы, дома культуры и клубы, кинотеатры, МФЦ «Госуслуги», химчистки, музеи, тренажерные залы, коворкинги, технопарки, сауны, бары и рестораны, фотоуслуги, гостиницы. Таким образом, можно отметить, что спектр функционального наполнения здания моста достаточно широк [5].

На кафедре архитектуры МГСУ разрабатываются проектные предложения таких зданий-мостов, конструктивной основой которых служит сталежелезобетонный каркас с сеткой опор 20x10 метров, унифицированный для мостовых пролетов и пролетов помещений зданий [6].

В данной статье рассматривается наиболее эффективный вид здания-моста, в котором уровень проезжей части совпадает с уровнем дорожного покрытия примыкающих улиц. В этом случае отпадает необходимость возведения дорогостоящих и загромождающих пространство примыкающих улиц подъездных эстакад.

Возведение зданий-мостов через малые реки городов в уровне проезжей части возможен в связи с тем, что данные речки не являются судоходными, максимум могут использоваться под небольшие суда частного пользования такие, как лодки или малые катера, которые не требуют большого технологического пространства над собой [7].

Если для примера рассмотреть реку Яуза в Москве, то можно отметить, что ее протяженность в черте города – 27,6 километров, а если рассмотреть участок от центра до МКАД, то протяженность его составит 9,8 км. Анализ существующих связей через реку показывает, что расстояния с обеспечением перехода через реку варьируется с 990 м до 1730 м [5]. И это в основном пешеходные переходы.

Выбранный для примера случай с рекой Яузой в Москве в ряду с другими возможностями возведения зданий-мостов на основе конструктивной системы «несущий этаж», имеет также вариант малопролетных зданий-мостов, пролет которых составляет не более 25 м и конструктивной основой которых и является сталежелезобетонный каркас сеткой опор 20x10 м [7]. Здание размещается в уровне набережных и не требует организации подъездных эстакад (рис.3). Таким образом, автомобильные проезды размещены по двум сторонам от здания на прилегающих набережных с целью наиболее компактного размещения здания-моста. По набережным проезд осуществляется в одном направлении по каждой стороне, поэтому заезд на проезжую часть здания-моста осуществляется без пересечения со встречным направлением движения. Если автомобильное движение в этом транспортном узле организовано максимально комфортно, то пешеходы испытывают некоторые неудобства при пересечении с заезжающими на мост и съезжающими с него потоками автомобилей.

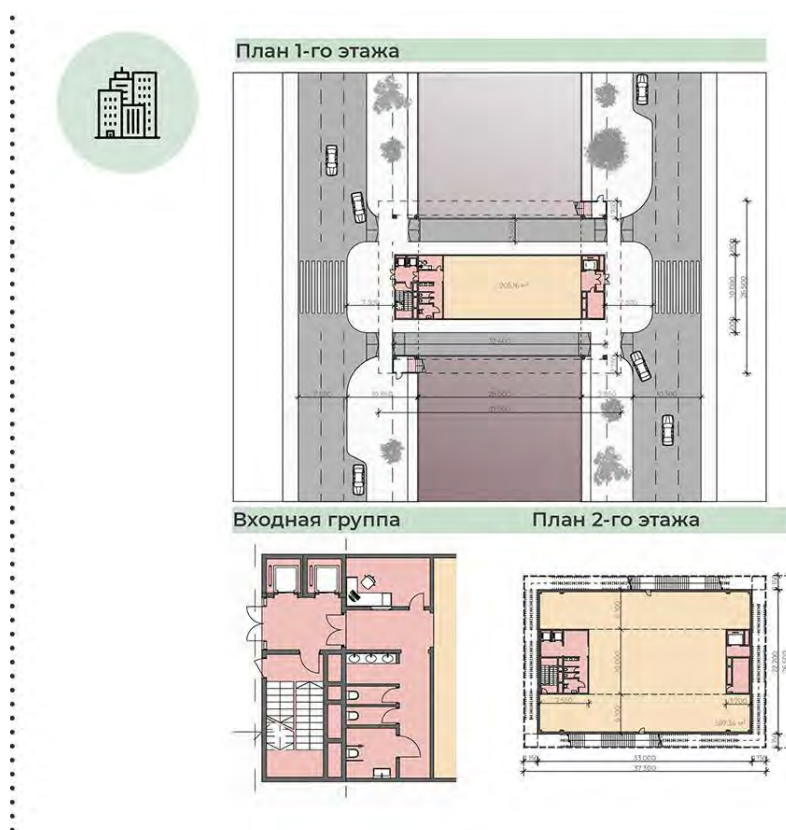


Рис. 3. Схема малопролётного здания-моста в уровне прилегающих набережных. Арх Липадат В.

Определенные неудобства, которые возникают при пересечении автомобильного и пешеходного движения, не являются критичными, т.к. пешеходное движение по набережным крайне малочисленное.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Наибольшая эффективность применения малых зданий-мостов может быть достигнута, когда их пропускная способность и вид пропускаемого транспорта будут согласованы с указанными характеристиками связываемых улиц. Пересечение подъездных путей с улицами в одной плоскости позволит минимальными средствами (без эстакад) «сшить» разорванную малыми реками существующую улично-дорожную сеть, и, при наличии достаточного количества зданий-мостов, создать местному автотранспорту более рациональные и спокойные условия движения, без необходимости выезда на магистрали. Магистрали, в свою очередь, свободные от большого количества автомобилей, выполняющих местные маршруты, освободятся от пробок и будут выполнять свою основную функцию по пропуску транзитного транспорта.

ВЫВОДЫ

Таким образом, малопролетные здания-мосты над небольшими реками городов решают сразу две проблемы: с одной стороны, сложно решаемую проблему скопления автотранспорта на магистралях, существенно разгружая их от избытка автомобилей, и одновременно проблему финансирования подобных сооружений, включая заинтересованность инвесторов в использовании площадей этих сооружений на основе полного владения ими, освобождая при этом муниципальные власти от вложения средств в сооружение таких зданий. При этом архитектурно-градостроительное и конструктивное решение малопролетных зданий-мостов, сооружаемых в уровне проходящих мимо улиц или набережных, является наиболее экономичным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочешкова Е.И., Забалуева Т.Р. «Исследование возможностей применения новых типов зданий, использующих пространство над занятыми территориями в городской застройке». //Вестник МГСУ, 2009;
2. Владимиров С.Н. Транспортные заторы в условиях мегаполиса.// «Известия МГТУ «МАМИ»» №1, 2014.
3. Кузьмич С.И., Федина Т.О. Транспортные проблемы современных городов и моделирование загрузки улично-дорожной сети// «Известия Тульского государственного университета. Технические науки», №3, 2008.
4. Карпухина Е. Первый проект BIG в Норвегии: музейный павильон-мост в парке Кистефос. Архитектура 19.09.2019 <https://www.admagazine.ru/architecture/pervyj-proekt-big-v-norvegii-muzejnij-pavilon-most-v-parke-kistefos>
5. Липадат В. Исследование возможностей применения зданий-мостов с общественной функцией для реновации территории р. Яузы. Диссертация магистра. 2020 г.
6. Забалуева Т. Р., Захаров А. В., Маслова Т. А. Здание-мост // Патент Рос-сии. № 2513231.2014. Бюл. № 11.
7. Захаров А.В., Флейшман С.Л. Совершенствование улично-дорожных сетей посредством зданий-мостов. // Промышленное и гражданское строительство – 2016.

ВЛИЯНИЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ

С.В. Ильвицкая¹, Е.А. Давыдова²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15, ilvitskaya@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, vip.ekaterina.davydova@list.ru

Аннотация

Актуальность и новизна данного исследования основаны на выявление структуры жилой секции и проведение анализа архитектурно-планировочных решений. Комплексный подход исследования предполагает анализ гибкой планировки и разработка аналитических схем и таблиц, показывающих развитие социально-демографических факторов, влияющих на архитектурно-планировочное решение многофункциональных жилых комплексов для молодых семей. Область данного научного исследования относится к архитектурно-планировочной организации многофункционального жилого комплекса. Уровень значимости проекта предполагает в будущем обеспечить молодые семьи комфортными условиями проживания, что способствует улучшению демографической обстановки и увеличению рождаемости. Стоит отметить, что социально-экономические условия начала XXI в., связанные с развитием рыночных отношений, приватизации жилья и возможностью его приобретения на частные средства граждан, привели к пересмотру подходов к проектированию жилища. С 2020 г. осуществляется господдержка молодым семьям в рамках правительственного проекта «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан РФ», а также государственная программа «Молодой семье – доступное жилье»[1]. Исследование наиболее перспективного проекта в жилищном строительстве многофункционального жилого комплекса позволит усовершенствовать современную форму организации городской жилой застройки, создающую оптимальную социальную среду для быта, труда и отдыха населения. Результатом исследования является разработка методики проектирования многофункциональных жилых комплексов для молодых семей, а также проектная модель жилища для молодых семей, что позволит решить важную проблему – удовлетворение запросов общества в социальном комфортном жилье. Данное исследование будет востребовано в архитектурной профессиональной среде, так как результаты имеют научную значимость. Разработка рекомендаций архитектурно-планировочной модели жилья, и оптимизация общесемейных жилых помещений с помощью гибкой планировочной структуры квартиры для молодой семьи в МЖК предполагает обеспечить молодые семьи комфортными условиями проживания, что способствует улучшению демографической обстановки и увеличению рождаемости и устойчивому развитию архитектурно-планировочной организации жилой ячейки.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время действует социальная программа «Молодой семье - доступное жилье», которая направлена на улучшение жилищных условий молодой семьи. Под термином молодая семья подразумевается семья, в которых оба супруга не старше 35 лет или неполная семья с ребенком (один супруг не старше 35 лет). Однако стоит отметить, что при росте и развитии семьи, появление новых детей и прохождение различных стадий взросления возникает потребность в изменении архитектурно-планировочной организации жилой ячейки. А также при проектировании многофункциональных жилых комплексов необходимо наличие развитой сети общественных пространств, которая способствует гармоничному

развитию личности. Следовательно, возникает необходимость в проведении научно-исследовательской работы, которая нацелена на создание комфортной жилой среды и удовлетворения современных требований молодых семей. Объектом исследования является многофункциональный жилой комплекс (МЖК) для молодых семей. Гипотеза исследования основана на том, что формирование комфортного жилья в составе МЖК для молодой семьи обеспечит решение жилищных проблем адаптации для молодых семей. Данная статья предназначена для архитекторов и направлена на улучшение архитектурно-планировочных характеристик многофункционального жилого комплекса для молодых семей. Исследования [2, 3, 4] также отображают актуальность влияния социальных и демографических факторов в профессиональной архитектурной области жилищного строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были отобраны архитектурно-планировочные решения жилой ячейки 70 объектов современных многофункциональных жилых комплексов отечественного и зарубежного опыта (Дании, Германии, Австрии и Швейцарии). Составлена аналитическая схема выявляющие основные архитектурно-планировочные и функциональные связи жилой ячейки. А также в первом полугодии 2020 года авторами был проведен социологический опрос молодых семей, проживающих в МЖК. Электронная анкета, состоящая из 22 вопросов, позволила выявить основные характеристики условий комфортного проживания в многофункциональных жилых комплексах для молодых семей на примере Москвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе анализа архитектурно-планировочных решений объектов МЖК выявлено 2 типа функциональных схем квартир и апартаментов (рис. 1). В 1 типе выявлено большее количество однонаправленных функциональных связей, следовательно, наименьшее количество вариантов перепланировок. Во 2 типе прослеживаются более адаптивные функциональные связи в интерьерном пространстве квартиры и большая возможность объединения пространства, следовательно, возможность изменить пространство квартиры благодаря гибким связям и в динамике применять вариантное архитектурно-планировочное решение.

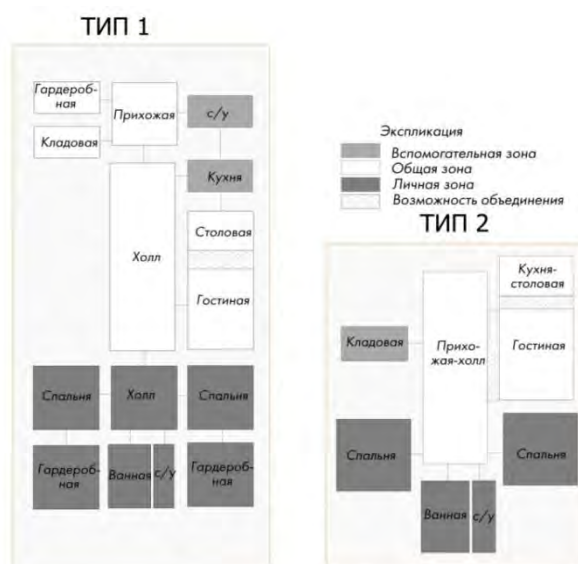


Рис. 1. Аналитическая схема функционального решения квартиры/апартаментов в составе МЖК

При социологическом исследовании были выявлены современные потребности молодых семей в Москве, которые изменяются в зависимости от структуры и состава семьи.

Отмечены самые важные требования 80 опрошенных респондентов (18-35 лет, состоящие в браке):

- обязательное наличие зоны хранения;
- наличие лоджий/балконов;
- возможность перепланировки квартиры (объединение зоны коридора с общей комнатной);
- комфортная жилая площадь в зависимости от состава и уровня развития семьи (отличие от нормируемого коэффициента СП 54.13330.2016 более чем в 1,5 раза).

Выявлено 2 этапа формирования молодой семьи: на 1 этапе архитектурно-планировочное решение формирующейся нукlearной семьи с ребенком от 0-5 лет и на 2 этапе растущая семья в динамичном развитии, появлении второго ребенка и стадии взросления детей. Результаты представлены в основе 4 функциональных моделей жилой ячейки МЖК для молодых семей (рис. 2).

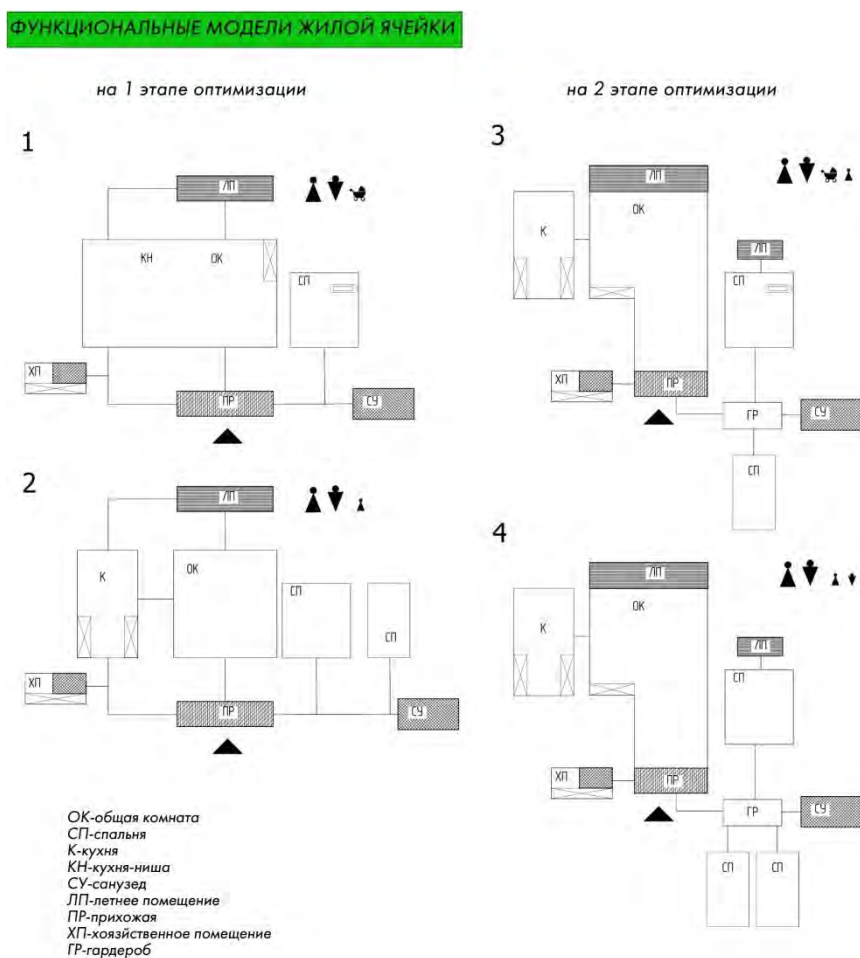


Рис. 2. Функциональная модель жилой ячейки на 1 и 2 этапе

Полученные результаты подтверждают рабочую гипотезу адаптации жилой среды под потребности молодых семей. Решения данных функциональных моделей и технологическая реализация в архитектурно-планировочной организации осуществляется на основе проектирования вариантного и гибкого архитектурно-планировочного решения с широким шагом несущих стен. Исследователи-архитекторы [5,6] уделяют внимание данным приемам в научных публикациях.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- Выявлена схема 2 основных типов функциональных взаимосвязей на основе анализа современных решений архитектурно-планировочной организации. Создание функциональных взаимосвязей в архитектурно-планировочном решении жилья (квартиры или апартаментов) в составе МЖК.
- Сформированы 4 функциональные модели жилой ячейки в составе МЖК на основе двух этапов формирования нуклеарной семьи.
- Разработана проектная модель с выявлением структуры жилой секции с применением принципов вариантной и гибкой планировки на основе одной конструктивной схемы (рис. 3). На нижней 3-д проекции. Красным цветом обозначена конструктивная схема несущих стен с пролетом 7,2 м. В срединной проекции варианты архитектурно-планировочной организации секции с меридиональной ориентацией квартир. Верхняя 3-д проекция – с широтной ориентацией квартир на 2 стороны.
- Данные функциональные схемы и модели учитывают современные требования уровня комфорта молодых семей, которые были выявлены посредством социологического опроса молодых семей в Москве.

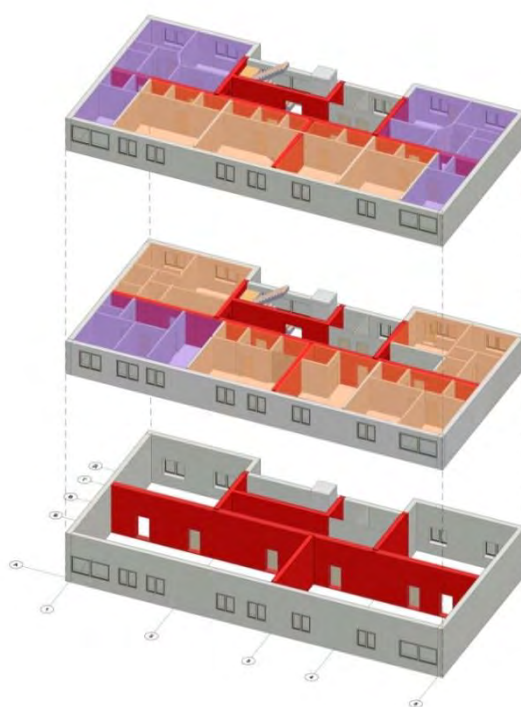


Рис. 3. Проектная модель с выявлением структуры жилой секции в составе МЖК.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-312-90033/20

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Москвы от 06.04.2004 № 461-ПП (в ред. От 16.06.2009) «О порядке списания части долга участникам Московской программы «Молодой семье – доступное жилье» за предоставленное по договору купли-продажи жилое помещение».
2. Карташова К.К. Жилище в условиях современных социальных реалий // «Architecture and Modern Information Technologies». 2011. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhilische-v-usloviyah-sovremennyh-sotsialnyh-realiy> Дата обращения: 26.09.2020
3. Асафова Т.Г. Модели архитектурно-планировочной индивидуализации квартир в массовом сегменте жилищного рынка: канд. дис. - М.: ЦНИИЭП жилища, 2010. - 134 с.
4. Верёвкина И.Д. Социальное жилье: основные требования потребителя // «ACADEMIA. Архитектура и строительство». 2019. №1. С.43-50. ISSN: 2077-9038

5. Магай, А.А., Дубынин Н.В. Крупнопанельные жилые дома с широким шагом несущих конструкций, обеспечивающих свободную планировку квартир // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 21-24.
6. Родимов А.О. Формирование архитектурно-планировочных решений сдаваемого внаём жилища для молодой семьи: на примере города Москвы: канд. дис. - М.: ЦНИИЭП жилища, 2010., 2013. - 176 с.
7. Давыдова Е.А. Взаимосвязь состава семьи и уровня комфорта архитектурно-планировочной организации квартир в составе многофункциональных жилых комплексов // Издательство « Наука и просвещение». 2020. №26. С. 62-64.
8. Ильвицкая С.В. «Зеленая» архитектура жилища и GREEN BIM технологии / «Архитектура и строительство России» 2018. №.1. С.108-114

СРЕДОВАЯ АДАПТАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

С.В. Ильвицкая¹, Д.М. Бабкин²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15, ilvitskaya@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, daniil98b@yandex.ru

Аннотация

Историческая среда города отражает процессы становления и развития общества, что формирует большую историко-культурную ценность. Однако, новое строительство в процессе развития городов затрагивает и историческую среду, что вызывает вопросы целесообразности ее полного или частичного сохранения.

Проанализированы аспекты, влияющие на целесообразность сохранения целостной структуры исторической застройки города, факторы, повлиявшие на становление характерной для российских городов структуры исторической застройки. Рассмотрен зарубежный и отечественный опыт адаптации новой архитектуры в исторической среде. Выявлены причины гармонии и дисгармонии новой архитектуры и исторической застройки. Рассмотрены методы адаптации и способы размещения современной архитектуры в исторической среде. Выявлена необходимость регулирования, стандартизации и систематизации процессов реконструкции и проектирования объектов нового строительства посредством методов средовой адаптации современной архитектуры в исторической среде.

ВВЕДЕНИЕ

С проблемой сохранения исторической среды города связано огромное количество факторов – зачастую сохранность непрерывного полотна исторической застройки города невозможна. Это обуславливается тем, что в большинстве случаев историческое ядро города является культурным, деловым и торговым центром, что вызывает необходимость как можно более эффективно использовать площадь под строительство с максимальной эффективностью, что создает необходимость внедрения новых зданий, не нарушающих структуру исторической застройки.

В новой истории России можно проследить противоречивую тенденцию: вектор направлен на развитие внутреннего туризма, однако, незаинтересованность чиновников в долгосрочных инвестициях выступает против идеи сохранения исторической среды в угоду быстрой выгоды за счёт нового строительства, которое часто не учитывает место и окружающую застройку, что в конечном счете разрывает целостность исторического полотна города. В результате в большинстве регионов России выявлена проблема нарушения целостности исторической среды новыми объектами строительства. К тому же сама историческая застройка в большинстве случаев относится к разным временным периодам и стилистикам, что может создавать внутренний диссонанс в исторической среде.

Безусловно, как и вся городская среда, историческая часть города требует развития: необходимы новые рекреационные зоны, новые объекты и здания, позволяющие вместить в себя функции, которые неспособна вместить историческая застройка без надлежащей реконструкции. Также в исторической среде города существует ряд объектов, имеющих или, напротив, не имеющих историческую ценность [1]. И каждый подобный случай требует индивидуального подхода. Так или иначе, архитектурный облик зданий (кроме типовых проектов) всегда создается с учетом окружающей застройки, тем более, если это историческая застройка. Данная проблема многоаспектна и затрагивает сферы

градостроительного регулирования. С точки зрения архитектуры решение данной проблемы состоит в разработке правил проектирования объектов нового строительства в исторической зоне города. И эти правила должны учитывать различные типы ситуаций и сценариев. Необходимо интегрировать историческую застройку в современные процессы жизнедеятельности человека, при этом сохраняя гармоничность и целостность структуры исторической среды. Внедряясь в историческую застройку, новая архитектура, при всей своей индивидуальности, должна быть частью сложившейся структуры.

Актуальность данной проблемы состоит в том, что во многих регионах России часть структуры исторических мест уже нарушена или же нарушается в данный момент. Возводятся и проектируются объекты, диссонирующие со сложившейся структурой застройки. Также существует проблема доминирования современной застройки в местах, где ранее преобладала историческая, которая в итоге деградировала до отдельно стоящих, никак не связанных объектов культурного наследия, что впоследствии разрушило городскую идентичность.

Актуальность данной проблемы достаточно очевидна, но с другой стороны, и может возникать вопрос целесообразности компенсации исторической застройки и ее сохранения в принципе. Здесь можно однозначно ответить, что помимо историко-культурной ценности историческая застройка вполне способна обладать и экономической ценностью: историческая застройка эстетически привлекательна, сомасштабна человеку [2], отчего в такой среде приятно находиться. Историческая застройка привлекает большой поток туристов, что при грамотном подходе позволяет развивать коммерческую составляющую в исторической среде. Известно множество примеров городов, чьи доходы от туризма составляют значительную часть экономики страны, в том числе и благодаря большой сохранности исторической застройки [3]. Проекты современных зданий в условиях исторической среды формируются на основе анализа окружающей застройки. Любая застройка имеет композиционно-видовое влияние на окружающую среду своей архитектурой (высота, протяженность, силуэт, основные пропорции, ритмика, характерные детали, колористические решения), особым расположением относительно рельефа среды, качеством восприятия, зависящим от расстояния от мест наблюдения, особенностями сложившегося городского и природного окружения [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является сложившаяся на данный момент структура исторической застройки российских городов. Предметом исследования являются проблематика сохранения целостной структуры исторической застройки, принципы и задачи проектирования в условиях исторической среды. Основным методом исследования является анализ сложившейся структуры в зонах исторической застройки российских городов на основе сравнения и выявления ключевых особенностей ее формирования путем сравнения фотофиксаций, карт, чертежей существующей структуры со структурой различных исторических периодов, что позволяет классифицировать сложившуюся структуру застройки в зонах исторической застройки. Анализ, сравнение и структуризация информации из различных источников по теме позитивного и негативного отечественного и зарубежного опыта проектирования зданий в исторической среде позволяет выявить проблематику сохранения целостности структуры исторической застройки, ее целесообразность. Анализ информации по теме средовой адаптации современной архитектуры в исторической среде формирует понимание о сложившихся методах средовой адаптации и способах размещения новой архитектуры в исторической среде. Наблюдение за поведением людей и продолжительностью их нахождения в исторической среде дает понимание о влиянии исторической среды на человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ценность исторической застройки обоснована ее историко-архитектурной ценностью, включающей в себя особенности планировочной структуры застройки, этажность, архитектурно-стилистические решения, соотношения масштаба улицы к масштабу зданий, что в итоге создает комфортную для человека архитектурно-историческую среду [1].

Проблема адаптации современной архитектуры опирается на особенности сложившейся структуры исторической застройки, которая включает в себя: архитектурное решение зданий; разнородность исторической застройки, ее стилистики и временного периода; моральное устаревание исторических зданий, функциональную негибкость, необходимость внедрения новых функций; нарушение целостности исторического полотна объектами нового строительства, спроектированными без учета принципов средовой адаптации; реальную архитектурную ценность исторических зданий; градостроительное регулирование строительства в условиях исторической застройки; политические факторы.

Любая застройка имеет композиционно-видовое влияние на окружающую среду посредством архитектурного решения (высота, протяженность, силуэт, основные членения, ритмика, характерные детали, колористические решения), расположения относительно рельефа среды, качеством восприятия, зависящим от расстояния до них от мест наблюдения, особенностями сложившегося городского и природного окружения [5].

Можно выделить основные типовые ситуации сформировавшейся структуры застройки в условиях исторической среды, которые можно классифицировать по преобладанию застройки, этажности застройки и ее преобладанию, сохранности исторической застройки, охранному статусу исторической застройки и преобладанию того или иного статуса, наличию и преобладанию конфликтующей застройки. Также типовые ситуации сформировавшейся структуры застройки в условиях исторической среды можно классифицировать по преобладанию застройки того или иного периода, ее типологии и планировочной структуре.

Исходя из типичных для России сочетаний вышеперечисленных ситуаций (точечная застройка, преобладание советской или современной застройки, высокая аварийность исторической застройки, низкая архитектурно-художественная ценность застройки, конфликт застройки) необходимо формирование методики проектирования объектов нового строительства в структуре исторической застройки для тех или иных случаев, а также реконструкции уже построенных объектов нового строительства, диссонирующих со структурой исторической среды.

Конфликт застройки может возникать в связи с тем, что проектирование новых объектов никак не учитывает существующую застройку (отсутствие средового подхода в проектировании) (Рис.1) [6].



Рис.1. Конфликт застройки на примере г. Нижний Новгород

Также диссонанс возможен из-за низкого качества стилизации новой архитектуры: попытка внедрения современного здания в историческую структуру посредством стилизации, может создавать конфликт в связи с непродуманностью новой архитектуры, бездумно копирующей исторические образцы. Конфликт старой и новой застройки города также может создаваться специально для подчеркивания архитектурной идеи “доминирования” новой архитектуры над старой.

Гармония новой и старой архитектуры достигается с помощью различных методов средовой адаптации новых зданий в исторической структуре города, а также за счёт сочетания этих методов.



Рис.2. Гармония старой новой архитектуры с исторической застройкой на примере гостевого центра в г. Лунде, Швеция

Методы средовой адаптации зданий в условиях сформировавшейся застройки [5]:

- Стилистическая. Метод стилизации соответствующий стилю исторической застройки.
- Композиционный. Пространство вписывается в среду за счет горизонтальных и вертикальных членений, ритмических, метрических, масштабных и других характеристик среды.
- Колористический. Вписывание пространства в среду за счет идентичной цветовой гаммы, материалов.
- Ассоциативный.
- Образно-символический. Проектирование пространства путем выявления «характера, духа места», его образа.
- Типологический. Встраивание пространства в среду с помощью приемов масштабирования, пропорционирования и модульности.

Способы размещения современных построек в исторической среде [5]:

- Надстройка нового объема на историческое здание. Данный метод может использоваться при невозможности пристройки к зданию дополнительного объема и позволяет расширить площадь здания за счет надстройки над зданием нового объема или мансарды. При этом архитектура нового объема должна учитывать пластику и структуру окружающей среды, и гармонично вписываться в застройку посредством таких же членения, пропорций и ритма.
- Размещение нового здания в плотном ряду исторической застройки. Этот способ может применяться при наличии свободного участка под застройку в плотном ряду исторической застройки, к примеру, на месте снесенного обветшалого здания, не имеющего архитектурно-художественной ценности. При этом такие вставки в виде новых объемов должны подчиняться контексту сложившейся застройки.

- Создание фоновой застройки для исторически ценной архитектуры. Данный способ приемлем при условии того, что многоэтажное строительство возможно в конкретной градостроительной ситуации. Фоновая застройка должна находиться на расстоянии от исторической, иметь простое композиционное решение, лаконичные формы, выделяя при этом доминанту исторической застройки.

- Внедрение современного сооружения в исторически сложившийся архитектурный ансамбль. Данный способ является наиболее ответственным и сложным с точки зрения вписывания нового объема в архитектурно-исторический ансамбль и может использоваться в редких случаях. В большинстве случаев такой способ применяется при внедрении подземных сооружений в историческую застройку с выходом наружу небольших объемов, которые должны подчиняться сложившейся структуре (пирамиды на площади перед Лувром или купольные павильоны на Театральной площади в Москве).

- Пристройка нового объема к отдельно стоящему историческому зданию. Данный способ может применяться при возможности пристройки нового объема к зданию со стороны внутреннего двора, где фасад исторического здания представляет наименьшую ценность. При этом пристройка должна подчиняться объему исторического здания.

В результате проведенного анализа позитивного и негативного отечественного и зарубежного опыта нового строительства в исторической среде было выявлено, что за рубежом наблюдается более системный подход в сфере регулирования застройки в исторической части городов. В России же зачастую новое строительство в исторически сложившейся структуре практически регулируется избирательно и зачастую бессистемно. Безусловно ключевым фактором здесь является политика градостроительного регулирования, которая, к примеру, допускает высотное строительство в структуре исторической застройки или же историческая застройка не обладает охранным статусом, не включена в зону исторического ядра города. К тому же не исключено, что подобное строительство может быть незаконным.

Почти в каждом городе России существуют примеры конфликта старой и новой архитектуры. В большинстве случаев это связано с тем, что новая архитектура никак не учитывает окружающую застройку даже в условиях исторической среды.

Исходя из этого можно сказать, что компенсация исторической застройки требует не только разработки принципов адаптации новых проектируемых объектов в структуре исторической среды, но и адаптация уже существующих объектов посредством их частичной реконструкции с целью уменьшения диссонанса старой и новой архитектуры.

ВЫВОДЫ

В результате сбора и анализа полученной информации можно сказать, что историческая застройка имеет не только историко-культурную ценность, но и экономическую, так как при должном подходе к благоустройству исторической среды, она способна формировать большой поток людей, что положительно сказывается на коммерческой составляющей города. Однако, как и любая городская среда, историческая структура города требует развития в виде нового строительства. Эти утверждения позволяют сказать, что историческая застройка требует частичного или полного сохранения в зависимости от ценности тех или иных объектов, а ее структура – развития и компенсации с целью целостного восприятия архитектурно-исторической среды.

Анализ сложившейся структуры исторической застройки российских городов показывает острую необходимость регулирования, стандартизации и систематизации процессов реконструкции и проектирования объектов нового строительства посредством методов средовой адаптации, основанных на архитектурных решениях окружающей застройки. При этом новая архитектура в исторической среде должна отвечать современным запросам с функциональной и эстетической стороны, но при этом дополнять и при необходимости компенсировать исторически сложившуюся структуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов А.В. Новая архитектура в исторической среде / А. В. Маслов. - М. : Стройиздат, 1990. - 191,[2] с.
2. Гейл Ян. Города для людей. Издание на русском языке – Концерн «КРОСТ», пер. с англ. – М.; Альпина Паблишер, 2012. -276 с.
3. Образ города /Кевин Линч. – Перевод с английского: Глазычев В.Л.; редактор: Иконников А.В. – Стройиздат. Москва. 1982.
4. Баранов Н.Н. Силуэт города / Н. Н. Баранов. – Л.: Стройиздат. Ленингр. отделение, 1980.
5. Архитектурно-историческая среда: учебное пособие / сост. Б. Е. Сотников. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 208 с.
6. Маслов А.В. Новая архитектура в исторической среде / А. В. Маслов. - М. : Стройиздат, 1990. - 191,[2] с.
7. Беккер А.Ю. Современная городская среда и архитектурное наследие / А. Ю. Беккер, А. С. Щенков. – М.: Стройиздат, 1986.
8. Азатян К.Р., Енгоян Е.Н. Проблема интеграции старого и нового в процессе развития городского пространства // Вестник МГСУ. – 2014. – С. 7-16.
9. Татарченко А.В. Средовой подход в архитектуре: от теории к реализации // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – С. 115-119.

АРХИТЕКТУРНАЯ ТИПОЛОГИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ЧАСОВЕН НА ПРИМЕРЕ СЕРБИИ И РОССИИ

С.В. Ильвицкая¹, П. Жица²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15, ilvitskaya@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, petarzica91@gmail.com

Аннотация

В статье представлена архитектурная типология часовен на примере Сербии и России. Сделан компаративный анализ по архитектурно-пространственной организации, функциональному назначению, форме плана и национальным чертам Сербской и Русской архитектуры и выявлены критерии их дифференциации.

Храмовая архитектура занимает значительную часть ценного архитектурного наследия России и Сербии. Масштабное возведение храмов началось в Сербии во время правления Неманичей, а в России после принятия князем Владимиром христианской веры в X в. В ходе развития общества, науки, культурно-исторического контекста за десять прошедших веков, функциональное наполнение и архитектура храмов в каждой стране подвергалась изменениям и переосмыслению. Сформировалась сербская и русская православная храмовая архитектура, каждая со своими особенностями и традициями. Важное место в ней занимают часовни. В Сербии и в России архитектура часовен почти идентична архитектуре православных храмов.

Часовня – малый храм без алтаря, не предназначенный для совершения литургии, в котором проводят богослужения суточного круга, в частности часов, от которых и происходит его название. Кроме того, в часовне могут совершаться молебные пения, чтение акафистов и другие требы.

Часовни — могут быть отдельно стоящими, пристроенными или встроенными, могут входить в состав храмового комплекса, здания или комплекса общественного назначения, располагаться самостоятельно на селитебной территории или в природной среде. Часовни также могут быть закрытыми и открытыми, одноэтажными и с цокольным этажом, выполняться из камня, кирпича, дерева, металла или бетона.

Часовни строят на местах разрушенных храмов, если нет возможности восстановить сам храм. Строится часовня в память духовно значимых исторических событий, в местах явления чудотворных икон, у святых источников, а также как надгробный памятник. В часовне могут храниться реликвии. Такая часовня-реликварий может находиться внутри храма: например, рака с мощами святого может быть оформлена как маленькое самостоятельное сооружение.

ВВЕДЕНИЕ

Храмовая архитектура занимает значительную часть ценного архитектурного наследия России и Сербии. С принятием христианства началось массовое возведение часовен, которые приобретают значение первых молитвенных домов. Эволюция часовен связана с усложнением и расширением планов, на основе которых возникают первые христианские храмы. В Сербии это произошло во время правления Неманичей, когда мудрый Святой Савва принял христианство, и просветил сербский народ. В России принятие христианской веры произошло во время правления князя Владимира в X в.

Постепенно на базе византийских прототипов храма сформировалась сербская и русская православная храмовая архитектура, каждая со своими особенностями, стилем, традициями, различными тенденциями в своем развитии и приобретением национальных черт. Немаловажное место в эволюции православной храмовой архитектуры занимают часовни.

Согласно православному словарю часовня – это небольшое строение для общественных молитв с иконами и крестом над крышей, но не имеющее пространства алтаря. Часто они устанавливались как памятный знак на месте исторических событий. В часовне служат часы – краткие богослужения, совершаемые 4 раза в сутки, состоящие из нескольких псалмов, стихов и молитв. Час бывает первым, третьим, шестым и девятым. [1] По причине отсутствия алтаря, в часовнях не могут совершаться литургические обряды.

Часовни отличаются от храма отсутствием алтаря и иконостаса и небольшим размером. Апсида как архитектурная составляющая сооружения может присутствовать в объемно-пространственной композиции. В часовнях, кроме чтения часов, также можно совершать молебные пения, чтение акафистов, проводить венчание молодых, крещение младенцев и отпевание.

На данный момент существует достаточно литературных источников на тему часовен и малых-храмов в России. В Сербии литература на эту тему пока мало изучена. В трудах ряда ученых - С. В. Ильвицкой, Вороновой Д.А. и др. подробно проанализирована и изучена тема православной храмовой архитектуры Балканских стран и России.

Однако до сих пор отсутствует компаративный анализ и систематизация ценного архитектурного наследия часовен Сербии и России, мало изучены их особенности и современные тенденции развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Компаративизм – метод сравнительного анализа памятников архитектуры. Сравнительно-исторический метод получил наибольшее развитие в трудах ученых культурно-исторического направления. Критерии сходства и повторяемости широко применялись в этнографии и литературоведении для установления культурной общности, культурных связей между народами [2].

Для понимания компаративного метода и применения сравнительного научного аппарата необходимо иметь и применять широкие культурологические знания, владеть информацией, почерпнутой из смежных наук (историографии, философии, литературоведения, информатики и др.) [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архитектурная типология часовен развивалась одновременно с эволюцией культового зодчества и обусловлена особенностями национальных школ. В Сербии и в России архитектура часовен почти идентична архитектуре православных храмов. Сегодня можно выявить тенденции развития храмовой архитектуры, основанной на образцах прошлого в сочетании с элементами современной архитектуры.

Близким к часовне, но самым простым культовым объектом является *крест*. Кресты, как и часовни, бывают обетные и памятные, а вне города также дорожные, береговые, полевые. На Севере России ставили также деревянные *часовни-кресты* (Рис. 1) или *часовни-столбы* (Рис. 2), представляющие собой икону на столбике с крышей и крестом [3]. Первоначальный вид часовни в Сербии имеет облик открытой беседки (Рис. 3).



Рис. 1. Часовни-кресты



Рис. 2. Часовни-столбы



Рис. 3. Часовня в Сербии

Следующим этапом эволюции часовен является *часовня из дерева*. Деревянные часовни играют особую роль в истории культовой архитектуры Сербии и России. Строительство храма или храмового комплекса обычно начинается с постройки деревянной часовни, в которой прихожане собирают пожертвования на будущий храм. Часовня может перестроиться в храм или в притвор храма, над ней может быть надстроена колокольня. Часовня может так же стать приделом будущего храма или просто войти в храмовый комплекс. [3]



Рис. 4. Деревянная часовня в Сербии



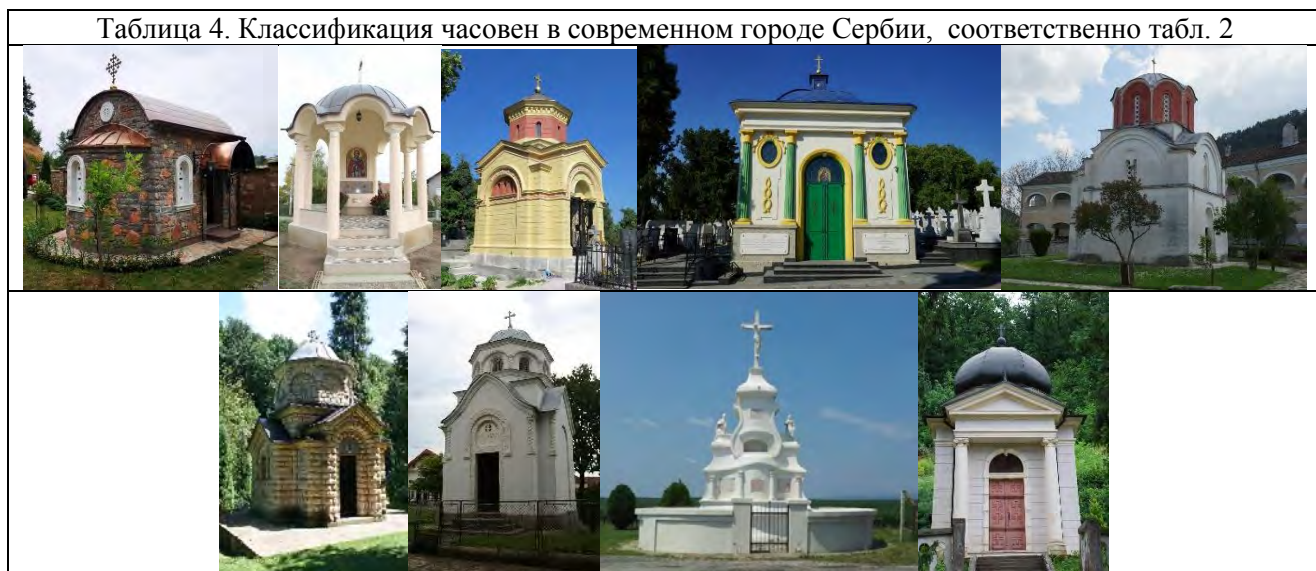
Рис. 5. Часовня Ксении Петербургской

Таблица 1. Архитектура часовен XIX века: [4]

<p>Часовня с квадратным планом Часовня с квадратным планом, дополненным террасой, верандой или галереей Часовня с квадратным планом, развитым до прямоугольника Часовня с квадратным планом – ядром композиции Часовня с квадратным планом с развитыми углами Часовня с квадратным планом, дополненным с одной стороны полукругом Проекты часовен с многоугольным планом</p>
--

На основе исследования замечено, что наиболее распространенная форма плана маленьких часовен в Сербии и России – квадратная. Прямоугольная и крестовая форма плана, вытянутая с запада на восток, характерна для больших часовен с пристроенной верандой или двускатной крышей.

<p>Таблица 2. Часовни в современном городе: [4]</p>	<p>Можно выделить следующие 7 типов размещения часовни в современном городе:</p>
<p>Часовни памяти о святых Часовни – хранительницы икон Часовни в память об утраченной церкви Часовни кладбищенские и надгробные Часовни мемориальные Часовни приходские Часовни больничные и служебные Часовни надкладезные Часовни крестильные Часовни в память о знаменательной дате</p>	<p>На территории монастыря или храма В мемориальном комплексе На площади На магистрали При учреждениях и больницах В жилом микрорайоне На озелененной территории</p>



В России, часовни, расположенные в новых жилых районах, почти сразу потребовали пристройки алтарной части и превратились в небольшие церкви для местных жителей. Таким образом, формируется новый тип *храма-часовни* (Рис. 6, 7). В Сербии встречается похожая история, но реже чем в России. Возможно привести пример наиболее древней и известной

храма-часовни Святой Петки, построенной в Белграде, на месте чудотворного источника в непосредственной близости от церкви в Ружице (Рис. 8) .

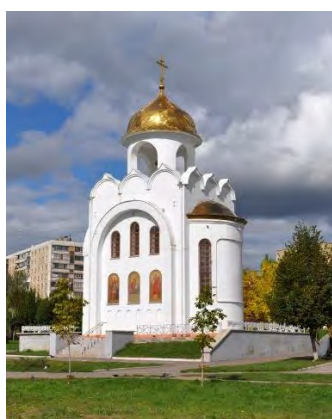
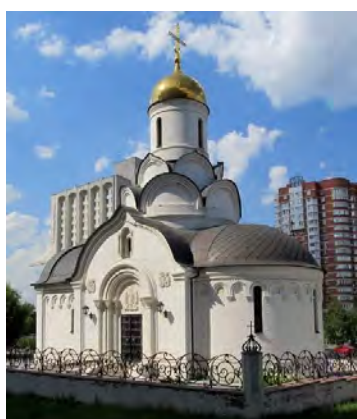


Рис.6,7. Храмы-часовни Владимира и Александра Невского. **Рис.8.**Храм-часовня Святой Петки

Таблица 5. Архитектурно-типологическая классификация православных часовен Сербии и России:	
1. По функциональному назначению: Частный Полуобщественный Общественные	4. По форме плана: Прямоугольная - Квадратная Крестовая Дополненная террасой, верандой или галереей С развитыми углами
2. По материалу: Дерево Камень Кирпич Металл Бетон	Круглая Многогранные Смешанные
3. По этажности: Один этаж Два этажа	5. По типу покрытия: Купольная Шатровое Скатное (двух-, четырёх-, восьмискатная) Смешанное

Таблица 6. Архитектурно-типологическая классификация православных часовен Сербии по форме плана (Табл. 5, пункт 4):



Таблица 7. Архитектурно-типологическая классификация православных часовен России по форме плана (Табл. 5, пункт 4):



ВЫВОДЫ

На основании классификации типов часовен в современных городах Сербии и России, сделан компаративный анализ и проведена их систематизация. Рассмотрен вопрос об архитектурном облике часовни, который зависит, во первых, от автохтонной художественной традиции, во-вторых, от таланта и мастерства архитектора. Цвет и материал так же играют значительную роль в архитектуре часовни. Особое значение для часовен имеет освещение, выявляющее архитектуру интерьера.

Архитектурная типология православной храмовой архитектуры постоянно расширяется и развивается, что положительно влияет на появление новых оригинальных типов часовен и храмов. Назначение и функция культовых зданий в целом не менялись с древних времен, и по сей день, т.к. их замысел всегда формировался согласно православным канонам. Сегодня часовни проектируют с учетом дальнейшего расширения их внутреннего пространства.

На основании изучения, анализа и систематизации часовен в Сербии и России, выявлен ряд их архитектурно-типологических особенностей. В Сербии часовни обычно стоят отдельно от храма и колокольни, постепенно становясь доминантами и ориентирами в окружающем пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскобойников В.М. ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ ПРАВОСЛАВНЫЙ СЛОВАРЬ // Библиотека словарей. 531 с.
2. Ильвицкая С.В. АРХИТЕКТУРНО-КОМПАРАТИВНЫЙ АСПЕКТ ПРАВОСЛАВНЫХ МОНАСТИРЕЙ БАЛКАНСКИХ СТРАН И РОССИИ // Монография. Издательство ИНФРА-М, Москва, - 2020. Сер. Научная мысль (Изд. 2-е, перераб.), 257 С.
3. Канаев И.П. Архитектура современных православных малых храмов и часовен // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры
4. Благовидова Н.Г. Часовни в архитектурно-планировочной среде города : учеб. пособие // Москва, Архитектура-С, 2006. С 15-56,
5. Масленникова Д.С. Архитектурно-символические и градостроительные аспекты проектирования православных часовен // Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов 2-го курса специальностей «Архитектура» и «Дизайн архитектурной среды», 2009.
6. Салатич Д. Новосадске капеле // Нови Сад, книга, 2013
7. М. И. Акимова, Е. М. Сальников. Архитектурная типология часовен // Новосибирский государственный архитектурно – строительный университет Статья 2018

8. Ильвицкая С.В. Архитектурные школы Балкан периода Средневековья. Сборник «Архитектура мира. Запад-Восток: архитектурные школы Нового и Новейшего времени». // Материалы VII Международной конференции по истории архитектуры. Выпуск №7, М., УРСС (МАРХИ и ВНИИТАГ), 1998. С. 50-55.
9. Ильвицкая С.В. Закономерности формирования архитектуры православных монастырских комплексов (на примере балканских стран): дис. ... д-ра архитектуры. М., 2005.
10. Ильвицкая С.В. Архитектура монастырских комплексов балканских стран и традиции византийского зодчества. // Монография. Кишинев, 2000.
11. Ильвицкая С.В. Социально-культурная типология монастырских комплексов балканских стран и России //Жилищное строительство №11, 2003.
12. Ильвицкая С.В. Архитектурные особенности монастырей балканских стран // Международная коллективная монография: " Монастыри - культурные и духовные центры России и Европы", М.,2003.
13. Пермиловская А.Б. Деревянные часовни в православных традициях Русского Севера и Арктики // Вестник ПСТГУ, Серия 5, Вопросы истории и теологии христианского искусства, 2017. С. 69-88.
14. Подойница Э.С. Современные православные часовни в архитектуре Дальнего Востока, России и исторические православные каноны // Статья, г. Хабаровск, 2019.

РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ ТУРИЗМА В ГОРНОМ РАЙОНЕ АЛЖИРА

С.В. Ильвицкая¹, Ашур Рима²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15, ilvitskaya@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

В настоящее время туризм стал фундаментальным и ведущим сектором экономического и социального развития. Сегодня Алжир - это почти нетронутая туристическая дестинация, которая, к сожалению, еще недостаточно освоена в отличие от других средиземноморских стран, несмотря на огромный туристический потенциал, включающий в себя разнообразные экосистемы: пустыню Сахару, морское побережье и горный ландшафт, позволяющие заниматься различными видами круглогодичного туризма.

Так, расположенный на севере страны, Национальный парк Шреа признан ЮНЕСКО как биосферный заповедник в 2002 году. Парк известен своими разнообразными экосистемами, природным и культурным потенциалом, который, все ещё рассматривается как нетронутая территория, до сих пор не подлежащая планированию для проекта, включающего рекреационную деятельность и горные виды спорта в этом регионе. Именно по этой причине, на территории Национального парка Хреа предлагается разместить различные виды горного спорта, которые не так широко распространены в Алжире, такие как горнолыжный спорт, целью которого является развитие туристического сектора в стране за счет перехода от сезонного туризма к всесезонному. Благодаря новым технологиям и актуальному архитектурно-пространственному подходу, и прежде всего современным биоклиматическим структурам и материалам, с учетом строительных традиций Алжира, возможно модернизировать существующую в парке туристическую деревню Шреа.

Представленное исследование основано на биоклиматическом подходе в проектировании устойчивой архитектуры, обеспечивающей максимальный комфорт зданий при минимальных энергозатратах в условиях соблюдения экологизации окружающей среды.

Ключевые слова: туризм, горный спорт и туризм, сезонный туризм, ежегодный туризм, горнолыжный спорт, новая технология, устойчивая архитектура, биоклиматическая архитектура.

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель предлагаемого нами проекта - продемонстрировать основы и принципы устойчивого туризма в Алжире. Нашим проектом предусмотрено: восстановление туристической деревни Шреа и предложение нового горнолыжного курорта для обеспечения модернизации национального парка и создания новых видов спорта, а также возрождение лыжного спорта в Алжире для обеспечения всесезонного туризма.

Шреа (Chréa, араб. **ال شريعة الوادية الجديدة**) — один из национальных парков Алжира. Расположен на севере страны в провинции Блида и назван в честь города Шреа, расположенного рядом с парком. Парк расположен в горной цепи «Блидский Атлас» (часть Телль-Атласа) и имеет горнолыжную станцию, одну из немногих в Африке, где есть натуральный снег, а также грот «Чиффа». Площадь - 260 км². Шреа парк (биосферный резерват) — это природный объект с богатым и уникальным ландшафтом, который способствует активному отдыху и развитию туризма (катание на лыжах, походы, горные лыжи). Учитывая отсутствие инфраструктуры туризма, наш проект представляет перспективы развития туристического направления, используя концепцию

биоклиматической архитектуры, основанную на традиционных и новых технологиях, для обеспечения подхода к формированию устойчивости туризма.

В современном Алжире, когда говорят о туризме, обычно имеют в виду морское побережье, пустыню Сахару, и забывают о горных ландшафтах, распространенных на севере страны, которые представляют собой богатство природные и ландшафтные, имеющие большое значение для развития туризма.

По этой причине в данном исследовании мы выбрали спортивный и горный туризм, представляющие особый интерес для всех, кто отвечает за туристский сектор, поскольку эти виды спорта привлекают внимание многих людей, разных возрастных групп и, особенно молодежи. Кроме того, они вполне могут участвовать в развитии туристического сектора и способствовать экономическому росту страны.

Но на этом уровне возникают следующие вопросы:

Как можно подтолкнуть сектор туризма к оживлению горных районов?

Каким образом можно рассматривать устойчивость туризма в горах Алжира?

Как интегрировать новые технологии в реализацию нашего проекта?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для ответа на эти вопросы, мы проанализировали национальный парк Шреа (Chr ea) , который является замечательным экологическим убежищем для фауны и флоры, многие из которых являются редкими и исчезающими видами.

Кроме того, это место может быть современным курортом для зимних видов спорта. Когда-то это был один из первых горнолыжных курортов в Африке, построенный в начале 1920-х годов. Привлекая туристов со всего мира, для того чтобы полюбоваться природными видами исключительной красоты. Однако с тех пор, заброшенная и оставленная заповедная Шреа утратила былую славу. Сегодня, как раненый зверь, Шреа постепенно пытается возродиться, чтобы стать крупным туристическим центром в горах Алжира.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы предлагаем концепцию использования природного дара для создания туристической анимационной программы по симбиозу природы с новыми передовыми технологиями. Кроме того, возможно рассмотреть интегрирование концепции биоклиматической архитектуры в реализацию данного проекта посредством возрождения традиционной алжирской архитектуры и выбора природных материалов в рамках устойчивой архитектуры. В результате исследования национального парка Шреа выявлено 5 основных тенденций:

1. Особенности горного туризма

Горы всегда были предметом удивления и источником вдохновения для людей. Их удаленность и сложность доступа отчасти объясняют восхищение этими уникальными природными территориями. Сегодня, однако, основные активы гор для посетителей - чистота воздуха, разнообразие ландшафтов, богатство биоразнообразия, и уникальность его культур - находятся под угрозой, в частности, из-за дикого туризма, неконтролируемого и неустойчивого для перспективы развития региона.

2. Определение и истории объекта исследования

Горный туризм - это активный туризм в горной местности. Истоки горного туризма восходят к 19 веку, когда горы стали восприниматься как место отдыха. В настоящее время горный туризм чаще всего ассоциируется с спортивным туризмом, из-за зимних видов спорта зимой и таких видов спорта, как рафтинг, треккинг или походы летом. Горный туризм - это палка о двух концах. С одной стороны, благодаря туризму жители этих регионов могут жить за счет доходов от туризма и остановить миграцию в долину. С другой стороны, это требует

контроля туристических потоков в целях сохранения окружающей среды. Мы также должны учитывать вопросы влияния на местное население и его культуру.

3. Мотивация выбора города

В качестве горного места мы выбрали регион Шреа, который имеет большой туристический потенциал, особенно Лыжный (рисунок 1). Это место, где уже есть горнолыжный склон, где раньше работал лыжный клуб и где бывает очень сильный снегопад. В Алжире 10 национальных парков, классифицированных ЮНЕСКО на биогеографические и национальные парки. Они разделены на 3 отдельные зоны : Прибрежная зона, Площадь равнин континентального климата, Зона Сахары. Национальный парк Шреа расположен в горах Музайя, Геррумен и Феруха и включает грот Уэд Чиффа. Парк занимает площадь 26 587 га и представляет уникальную экологическую систему фауны и флоры, многие из которых относятся к исчезающим видам

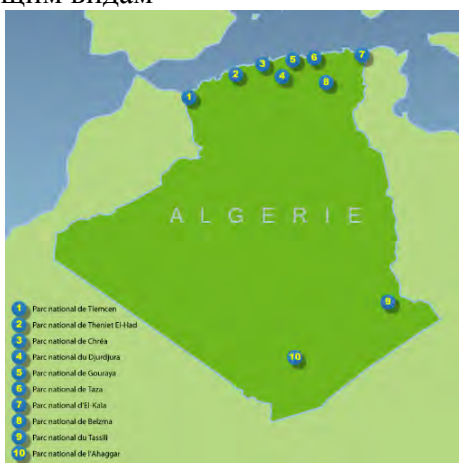


Рис. 1. Национальные парки Алжира

4. Геолокация национального парка Шреа: это охраняемая территория расположенная в 50 км к юго-западу от одноименного города, на высотах Горы Хаммам Мелун на востоке, гребни Шреи в центре и Джебель Тамесгуида на западе (рисунок 2).

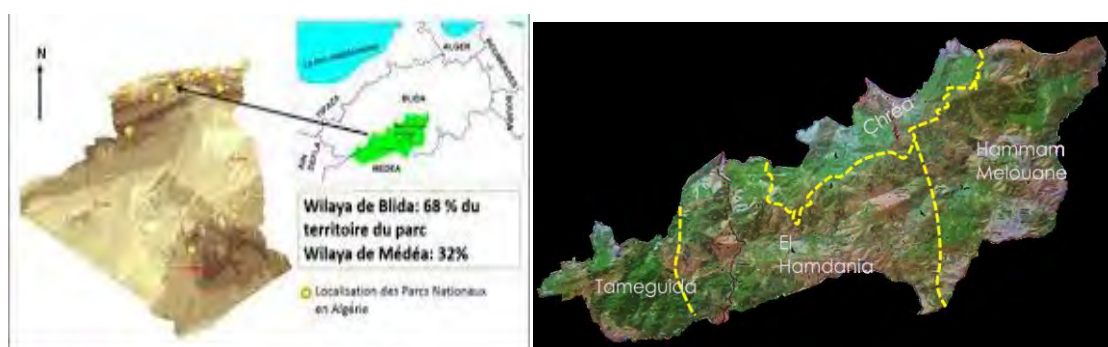


Рис. 2. Национальный парк Шреа на карте Алжира

Национальный парк Шреа является удачным местом для развития инфраструктуры регионального туризма, предлагающего условия для отдыха в горах в сегменте экотуризма на карте туристического Алжира (рисунок 3). Парк включен в план развития этого туристского сегмента экономики страны как зимний и летний курорт, который может принимать до 2,5 миллиона посетителей в год. Основные летние мероприятия, осуществляемые в рамках программы Министерства туризма 2010-2014 гг. предполагалось

направить на ограничение потоков туристов, учета непредвиденных обстоятельств посетителей и контроля массовой посещаемости. Но до сих пор эти цели не были достигнуты.



Рис. 3. Пейзажи Национального парка Шреа

5. Проблема развития: национальный парк Шреа отличается сегодня полным отсутствием структуры управления и инфраструктуры для приема туристов (рисунок 4). Необходимое введение данных систем может способствовать генерировать ресурсы, которые могут принести пользу региону для его сохранения и развития. К этому добавляется необходимость прибегать к интегрированному планированию и архитектуре, с уважением к окружающей среде и мощными возобновляемыми ресурсами. Следует особо отметить археологические богатства национального парка Шреа (маршрут - открытие).

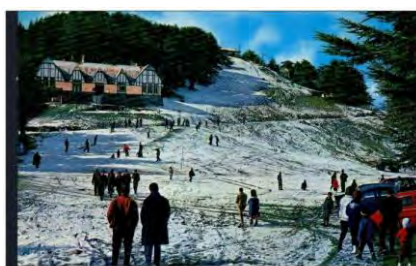


Рис.4. Старый горнолыжный склон

ВЫВОДЫ

Принимая во внимание историю, современный контекст, возможности и трудности развития туризма в северных регионах Алжира, побудили нас рассмотреть наш проект как решение этих проблем. С этой точки зрения возрождение горнолыжного курорта Шреа претендует на участие в усилиях по развитию регионов, особенно местности Шреа (Chréa), в различных сферах развития общества в целом, и туризма, в частности: экономической, социальной (создание рабочих мест), экологической (экологическая осведомленность), воздействие туризма на окружающую среду (интеграция в природную среду и минимальное вмешательство в нее), а также в архитектурно-градостроительной области (художественный образ курорта и его биоклиматические основы архитектуры будут отражать экологические принципы устойчивого развития туризма в регионе).

ЛИТЕРАТУРА

1. Магистерская работа в области архитектуры, развития спорта и горного туризма Шреа (выпуск 2012 г.) Бланда стр. 34.
2. Экотуризм в перспективе устойчивого развития Авторы : Надя БЕНЯГИЯ , Карим ЗЕЙН 2003
3. Месплиер А., Блок-Дюрафур П. Туризм в мире. 6-е издание, Vréal, 2005 г.
4. Жан-Пьер Ламик: утопия устойчивого туризма или реальность? - Как определить экологически ответственных путешественников и туроператоров?, Harmattan, 01.04.2008, 219 с.
5. Iwona Niedziółka M.A., УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА, ISSN 2029-9370. Исследования регионального развития и развития, № 3 (8), Р (157-166).

6. Доклад Всемирной туристской организации (ЮНЕСКО), 1999 г.
7. Программа ООН по окружающей среде. (2004). Определение устойчивого туризма.
8. Сайт [http //www.unep.fr/scp/ Tourism / Sustain /](http://www.unep.fr/scp/Tourism/Sustain/) Дата обращения:13.05.2012.
9. Ильвицкая С.В., Смирнов А.В. Роль культурно-досуговых центров в исторической среде и сохранение культурного наследия, //Жилищное строительство, 2015. № 3, с.1–6.
10. Ильвицкая С.В., Даниленко И.А. Глоссарий архитектурно-строительных терминов и научных дефиниций в истории архитектуры и реставрации архитектурных памятников. // Москва: ГУЗ, 2015, с.156.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ МЕТОДОЛОГИИ КОМФОРТНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА

В.А. Ильичев¹, В.И. Колчунов¹, Н.В. Бакаева¹, А.А. Кормина²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
natbak@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»; 305040, г. Курск, ул. 50-лет Октября, д.94, sascha-girl@mail.ru

Аннотация

Рассматривается вопрос о необходимости развития методологических подходов в области градостроительного проектирования элементов планировочной структуры – жилых кварталов и микрорайонов, направленных на создание комфортной и обеспечения безопасной среды жизнедеятельности в городах.

Развитие методологии разработки градостроительной документации – проектов планировки территории – авторы предлагают на основе, разрабатываемой в РААСН парадигмы биосферной совместимости городов и поселений, развивающих человека.

Предлагается алгоритм оценки вариантов проектов планировки сравнением пяти блоков индикаторов: экологической безопасности жилых территорий, пространственно-территориальных ресурсов, структурно-планировочной и архитектурной организации территории; обеспеченности городскими функциями и социального благополучия населения. По каждому из этих блоков определен необходимый и достаточный состав оценочных индикаторов проектных решений. Показаны перспективы развития количественной оценки проектов планировки жилых микрорайонов с использованием принципов парадигмы биосферной совместимости.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из важнейших задач строительной и градостроительной науки является задача формирования комфортной и безопасной среды жизнедеятельности города [1]. Решение этой задачи требует построение новых моделей и выявления закономерностей функционирования городских элементов планировочных структур.

В градостроительстве под *комфортностью пространственной среды* понимается такое ее объективное состояние и субъективное восприятие, которое соответствует системе сложившихся в данное время, в данном месте, в данном обществе потребностей, ценностей, этических норм и культурных традиций, формирующих представление о том, какие элементы и свойства пространственной среды необходимы для достойного существования человека [1].

Наиболее точное, отвечающее современным вызовам, определение комфортной и безопасной среды жизнедеятельности города сформулировано в рамках нового научного направления и новой парадигмы жизнедеятельности – биосферосовместимого города, разработанной в РААСН под руководством академика Ильичева В.А. *Биосферная совместимость города* – это состояние единения города и окружающей биосферы, при котором город и его жители позитивно развиваются, также как и биосфера сохраняет способность естественно развиваться в данном регионе [2].

На основании принципов парадигмы биосферосовместимого города под *комфортной городской средой* понимаем такие условия среды жизнедеятельности, при которых достигается гармоничное развитие человека (физическое, материальное и духовное) в единстве с окружающей город природной средой с учетом общественных интересов всех категорий городского населения. Стоит отметить, что среди жизненно необходимых потребностей городского населения в комфортной городской среде выделяют не только

материальные потребности (качество питания, одежды, комфорт жилища, качество и доступность здравоохранения, образования, сферы обслуживания, окружающей среды, досуга, социального общения, и др.), но и возрастающие в последнее время духовные и культурные (знание и самопознание, потребность творческого труда, вероисповедание и др.). Ключевым понятием концепции биосферосовместимого города является «население», и уже потом – «территория», поскольку эти понятия определяют пространственные и функциональные различия в процессе расселения. Для городской среды необходимо создать условия, прежде всего, для развития во всех отношениях именно «человека», а не «территории» [3].

В связи с расширением традиционного представления о комфортной среде жизнедеятельности и новыми вызовами современности представляется важным совершенствование сложившейся к настоящему времени методологии градостроительного проектирования в направлении создания не только для качества жизни, но и развития человека как элемента Биосферы.

ОБЗОР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Первые публикации по теме биосферной совместимости городов и поселений появились около пятнадцати лет назад. Так, в статье [2] изложены фундаментальные принципы преобразования городов в биосферосовместимый и развивающий человека. Представленные в работе [2] принципы, как инварианты фундаментальных положений философии, экологии, геологии и других наук, устанавливают приоритеты и иерархию понятий биосферосовместимого города.

Принципы парадигмы биосферосовместимого города предполагают получение измеримых результатов, являющихся мерой достижения поставленной цели реализации конкретных градостроительных мероприятий – совместимости города с окружающей природной средой и условий для развития человека. На базе проведенных исследований к настоящему времени сформировалась методология получения количественно оцениваемых результатов состояния среды жизнедеятельности биосферосовместимого города с учетом экологических, архитектурно-планировочных и структурно-функциональных требований градостроительного проектирования [2,4,5].

Базируясь на фундаментальных принципах парадигмы биосферной в рамках междисциплинарных исследований РААСН разработана Доктрина градостроительства и расселения (стратегического планирования городов) [6] как система управления формированием и развитием поселений, основанная на проекции потребностей человека на город и определении ответных функции города, удовлетворяющих этим потребностям. Помимо руководящих принципов градостроительства в Доктрине излагаются основные механизмы реализации программ комплексного развития городов, приводятся примеры реализации инновационных проектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для системного представления среды жизнедеятельности города на принципах парадигмы биосферной совместимости использован подход, регламентирующий рассмотрение объекта исследования как единого территориального пространства, характеризующегося конкретным состоянием био-, социо- и техносферных составляющих.

С целью количественной оценки условий жизнедеятельности биосферосовместимого города и оценки вариантов проектов планировки на основе сравнения пяти блоков индикаторов: экологической безопасности территорий, пространственно-территориальных ресурсов, структурно-планировочной и архитектурной организации территории; обеспеченности городскими функциями и индикаторов социального благополучия населения в работе использованы методы экспертного анализа и оценки параметра или параметрального ряда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Совершенствование проектной методологии рассмотрено нами на примере разработки планировочных решений жилых микрорайонов, учитывая преемственность сложившейся на сегодняшний день теории и практики градостроительного проектирования. Жилые районы являются объектами градостроительной деятельности, которые, прежде всего, определяют способность городской среды удовлетворять жизненно необходимые потребности населения с учетом социально-экономических и инфраструктурных факторов [7].

В процессе разработки проекта планировки территории устанавливаются границы территорий общего пользования, границы зон планируемого размещения объектов капитального строительства, определяются характеристики и очередность планируемого развития территории. Именно на этом уровне градостроительного проектирования закладываются основы формирования среды жизнедеятельности. Таким образом, проект планировки территории жилых образований или жилых планировочных единиц (кварталов и микрорайонов) является тем видом градостроительной документации, в котором определяются характеристики качества городской среды, показатели ее комфортности и безопасности [8].

Для примера реализации оценочного алгоритма выбрано проектное решение - планировка территории жилого микрорайона Печатники в г. Москве.

Предложения по совершенствованию проектной методологии при разработке градостроительной документации жилого района на основе парадигмы биосферной совместимости заключаются в последовательной реализации следующих ее положений [19]:
Экологическая безопасность для всех жителей и каждого проживающего.

Анализ проблем и выработка решений по совершенствованию среды жизнедеятельности города.

Создание благоприятной и комфортной среды жизнедеятельности каждому жителю города и всему населению.

Эко-социо-техногенная безопасность города.

В соответствии с названными положениями парадигмы биосферной совместимости при разработке проектов планировки жилых территорий предполагается выделение пяти блоков индикаторов оценки вариантов проектных решений:

Блок 1. Экологическая безопасность жилых территорий;

Блок 2. Пространственно-территориальные ресурсы;

Блок 3. Структурно-планировочная организация территории;

Блок 4. Обеспеченность городскими функциями.

Блок 5. Социальное благополучие населения.

По каждому из этих блоков предлагается состав индикаторов, которые выбираются из содержания проектных решений и статистических данных, характеризующих демографические, социально-экономические и другие процессы жизнедеятельности города. На основании сравнения показателей осуществляется выбор приемлемого варианта проекта планировки территории жилого образования.

Оценка экологической безопасности жилых территорий. Индикаторы этого блока разработаны на основе дуалистического принципа парадигмы биосферной совместимости городов и поселений, развивающих человека - «О сопоставлении двух направлений в деятельности города» [2]. В урбанизированной среде города дуализм проявляется как внешнее – воздействие города на природу и внутреннее – как уровень физического и социального здоровья населения. Уровень здоровья городского населения есть одно из следствий непосредственного и опосредованного воздействия человека на природную среду. Экологическую безопасность, как интегральную характеристику состояния жилых территорий, предлагается оценивать на основе экологического ранга территории, отражающего уровень экологического благополучия территории и соответствующего административному делению города (рисунок 1).

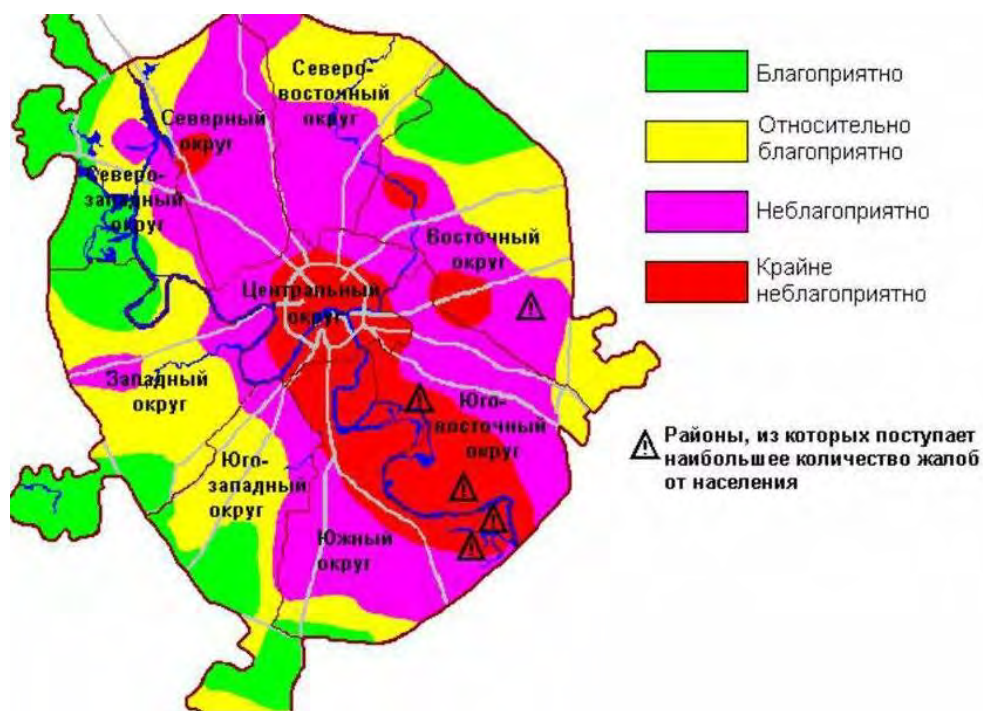


Рис. 1. Карта-схема экологического ранжирования г. Москвы по уровню загрязнения атмосферного воздуха

В соответствии с градостроительным зонированием территории г. Москвы по экологическому рангу устанавливаем 4-тый ранг, соответствующий допустимому состоянию, когда отступления от экологической нормы не приводят к заметным отклонениям в здоровье человека и в природной среде, а отклонения от требований нормативных документов и принципов композиции не вызывают художественно-эстетического и психологического дискомфорта.

Оценка пространственно-территориального обеспечения населения жилых районов.

Содержание оценки пространственно-территориального обеспечения планировочного решения сводится к определению градостроительных показателей плотности населения, плотности застройки. Плотность населения является фундаментальным показателем, отражающим взаимоотношения человека, города и биосферы. Предельное насыщение территории населением, при превышении которого в природной среде происходят качественные изменения, называется критической плотностью [10].

Показателем оценки взаимодействия техногенной и природной среды является плотность застройки, выражающаяся через коэффициент застройки K_1 и коэффициент плотности застройки K_2 . Для рассматриваемого микрорайона Печатники в г. Москве плотность населения – 312 чел/га – это среднее значение для густонаселенного города.

Плотность застройки выражается коэффициентами:

- застройки $K_1=0,38$, физический смысл которого заключается в резервировании и обязательном сохранении на территории земельного участка открытых площадей, необходимых для размещения зеленых насаждений, детских и спортивных площадок, территорий иного назначения, обеспечивающих потребности горожан в необходимой социальной инфраструктуре;
- плотности застройки $K_2=1,2$ - в пределах нормативного значения в соответствии с нормативами градостроительного проектирования.

3. Оценка структурно-планировочной организации жилых районов. Градостроительные и природные особенности территории жилых районов, взаимоувязанное размещение жилых домов, общественных зданий и сооружений, улично-дорожной сети, озелененных

территорий общего пользования и других объектов отражают показатели структурно-планировочной организации жилых районов. Выразительность объемно-пространственного решения застройки и сформированность общественно-деловой инфраструктуры микрорайона Печатники выражены в следующих показателях:

плотность улично-дорожной сети - 3018,4 м²/га;

плотность озелененных территорий - 1806,0 м²/га;

доля озелененной территории – 10 %.

Микрорайон Печатники застроен двумя типами жилых зданий. Это серия П111 М, которую спроектировал ГПИ №53 Министерства обороны совместно с ЦНИИЭП жилища и П-44Т авторства МНИИТЭП (рисунок 2).

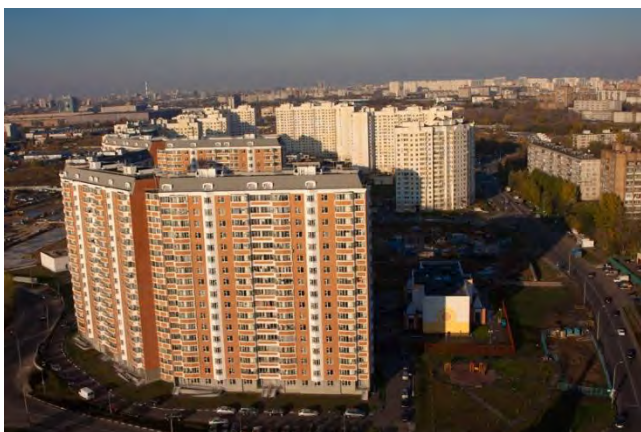


Рис. 2. Типология зданий микрорайона Печатники в г. Москве

Разнообразие застройки составляет 25 % и включает в себя зону секционной жилой застройки - 1,29 га; зону общественно-деловой застройки – 1,20 га; зону улично-дорожной сети - 5,08 га; рекреационную зону – 1, 61 га.

Важным показателем является *доступность общественного транспорта населению*, рассчитываемая как отношение числа жителей, проживающих в зоне комфортной пешеходной доступности до остановок общественного транспорта (до 800 м), к общей численности населения района/микрорайона. В микрорайоне Печатники доступность общественного транспорта населению составляет 100 %.

4. Обеспеченность городскими функциями.

Расчет обеспеченность городскими функциями производится на базе показателей обеспеченности (удовлетворения) и доступности жизненно необходимых и социально значимых объектов для населения жилого микрорайона. На основе полученных значений выполняется градостроительное зонирование территории (рисунок 3), что позволяет наглядным образом отразить фактическую разную обеспеченность городскими функциями жилых районов.

Анализ полученных значений показателей реализуемости функций города для микрорайона Печатники в Москве показал следующее.

Максимально возможное значение показателя у функции города «Жизнеобеспечение» – 80 %. Преимущественно эта цифра складывается за счет возводимых квадратных метров жилья и параметров его комфортности (по репрезентативным факторам выборки). Структура жилищного фонда представлена эконом-классом. Жилье имеет высокую цену, что чрезвычайно усложняет его приобретение. В структуре жизнеобеспечивающих факторов можно отметить низкий уровень внедрения требований «зеленых стандартов», технологий ресурсо- и энергосбережения и утилизации отходов.

Инфраструктура микрорайона в части жизнеобеспечивающей функции представлена: поликлиникой, торговым центром, продовольственными и непродовольственными магазинами и предприятиями общественного питания. Обеспеченность практически у всех

объектов – в соответствии с нормативными требованиями и нормативной пешеходной доступностью.



Рис. 3. Карта градостроительного зонирования планировочной структуры жилого микрорайона Печатники в г. Москве

Озеленение и ландшафтное благоустройство улиц микрорайона – в соответствии с нормативными требованиями.

На территории жилого микрорайона имеются кафе и другие предприятия общественного питания, а также – различные спортплощадки с хорошей доступностью и оснащением, что позволяет оценить реализуемость функции города «*Развлечение и отдых*» – в 67 % от максимально возможного.

Показатель реализации функции города «*Власть*» – 50 % от возможного значения. Здесь есть отделение почты (Москва, 109548) и несколько офисов банков.

Показатель реализации функции города «*Милосердие*» составил 0 %. Это низкое значение обусловлено отсутствием на территории микрорайона объектов милосердия и качеством «безбарьерной» среды. Конструктивные решения объектов жизнеобеспечения и социально значимых объектов для людей с ограниченными возможностями не соответствуют нормативным значениям, что создает препятствия для комфортного проживания и перемещения людей с ограниченными возможностями.

Функция города «*Знания*» реализуется на 49 % от максимально возможного, что обусловлено наличием на территории микрорайона двух школ на 550 мест каждая и двух детских садов на 125 мест каждый. Радиус пешеходной доступности объектов образования меньше нормативного. Вместимость школ превышает нормативные значения, а детских садов близка к 100% потребности.

На территории жилого микрорайона множество различных секций и творческих студий, но в тоже время отсутствуют близко расположенные музеи, концертные залы и театры. Показатель реализуемости функции города «*Творчество*» составил 33 % от максимально возможного.

Связь с природой жителей микрорайона обеспечивается наличием единственного бульвара, который по нормам проектирования доступен всем жителям микрорайона. Однако сам по себе бульвар не имеет достаточного озеленения, мест притяжения, благоустройства и малых форм и поэтому не выполняет функций рекреационно-прогулочной зоны, что не дает возможности максимально оценить эту функцию – 48 % от возможного значения.

В итоге, проведенный анализ численного распределения вклада составляющих в реализацию функций биосферосовместимого города на примере отдельно взятого микрорайона показал невысокую реализуемость большинства функций города. Рассмотренный проект микрорайона Печатники – это практически реализация одной функции «Жизнеобеспечение», а полученные низкие значения уровня реализации других функций – это недоработка проектных решений, которые обеспечивали бы полноценное развитие человека, комфортные условия проживания и безопасность.

5. Социальное благополучие населения.

К группе факторов социального благополучия/неблагополучия могут быть отнесены следующие группы показатели: *демография; образование и культура; качество жизни; заболеваемость; правонарушения; семья, материнство и детство; старшее поколение.* Выбор факторов, влияющих на исследуемые показатели комфортной и безопасной среды жизнедеятельности города, производится исходя из содержательного анализа экологических, социально-экономических и демографических состояний и процессов, а также нормативных требований градостроительного проектирования жилых районов. Настоящий перечень факторов отвечает парадигме биосферосовместимого города, поскольку город и его инфраструктура реализуют, прежде всего, социальные функции, а право на благоприятную среду жизнедеятельности имеет каждый гражданин нашей страны. Как показывает статистическая практика, наиболее реально оцениваемыми, хорошо прослеживаемыми являются социально-демографические показатели, важнейшим из которых являются, например, уровень рождаемости, уровень смертности, количество браков /разводов; уровень заболеваемости.

В процессе анализа градостроительной деятельности и проектной документации жилых микрорайонов, а также данных статистической отчетности городов могут быть предложены новые показатели состояния жилых районов, например, индекс счастья, который отражает, так называемое, «самочувствие» общества. Например, в Иннополисе - одном из трёх наукоградов в Российской Федерации - социологи выясняют пропорции положительных и отрицательных ответов респондентов, а затем составляют рейтинги счастья. С одной стороны, это просто абстрактная характеристика, а с другой, ее можно использовать для оценки комфортности среды жизнедеятельности.

ВЫВОДЫ

В настоящее время задача формирования комфортной и безопасной городской среды требует разработки новых подходов к ее проектированию, внесения изменений в проектную методологию. Необходимо продолжение исследований, развивающих научно-методологические подходы проектирования городской среды на различных территориальных уровнях, которые позволят объективно оценивать проектные решения на стадии выбора того или иного варианта проекта планировки.

Предлагаемый авторами подход к развитию проектной методологии градостроительного проектирования на принципах парадигмы биосферной совместимости позволяет расширить традиционные градостроительные показатели, включив в их состав оценку реализуемости функций города. Градостроительные и архитектурно-планировочные решения следует разрабатывать уже с учетом сложившейся экологической обстановки, поскольку изначально градостроительная деятельность должна быть направлена на уменьшение негативных воздействий, способствовать восстановлению биосферного потенциала и улучшению качества жизни людей.

Сохранив преемственность в методологии градостроительного проектирования и используемых в градостроительной практике новых методов, показатели оценки пространственно-территориальных ресурсов, структурно-планировочной и архитектурной организации территории следует рассматривать, прежде всего, как градостроительный инструментарий для анализа внутренней стабильности и благополучия среды жизнедеятельности, создания условий для развития человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин А.В., Юсин Г.С. Качество жизни и качество пространственной среды - социальные стандарты и нормативы в градостроительстве, архитектуре, строительстве // Градостроительство, 2011. - №4(14). - С. 16-20.
2. Ильичев В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека // Промышленное и гражданское строительство, 2010. - № 6. - С. 3-13.
3. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. К вопросу поиска сбалансированного сосуществования природных и урбанизированных территорий // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2019. - № 3 (27). - С. 3-16.
4. Бакаева Н.В., Черняева И.В. Функции биосферосовместимого города и их доступность человеку // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2016. - № 3 (15). - С. 64-73.
5. Gordon V., Pilipenko O., Bakaeva N. Correlation-regression model of the ecological-demographic situation of an urbanized area // International Conference on Smart, Sustainable and Sensuous Settlements Transformation (3SSettlements) Proceeding. - 2018. - Page: 63-69.
6. Ильичев В.А., Каримов А.М., Колчунов В.И., Алексашина В.В., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Предложения к проекту Доктрины градоустройства и расселения (стратегического планирования – city-planning) // Жилищное строительство. - 2012. - №1. - С 2-11.
7. Крашеников А.В. Градостроительное развитие и городская среда. – Open Science Publishing, 2017. - 169 с.
8. Катаева Ю.В., Лапин А.В. Формирование методического подхода к интегральной оценке качества городской среды // Вестник Пермского университета, 2014. - № 2. - С.34-40.
9. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Птичникова Г.А., Кормина А.А. Проектирование городской среды: новые методологические подходы на основе парадигмы биосферной совместимости (Часть 1) // Научный журнал строительства и архитектуры, 2020. - № 2(58). - С.121-134.
10. Владимиров В.В. Расселение и окружающая среда. - М.: Стройиздат, 1982. - 228 с.

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЦЕНТРОВ ПАЛЛИАТИВНОЙ ПОМОЩИ

А.Р. Ключко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, KlochkoAR@mgsu.ru

Аннотация

В данной статье раскрываются понятия паллиативной помощи и хосписов, изучается краткая история развития архитектуры зданий хосписов и паллиативных центров, изучается специфика и особенности архитектуры центров паллиативной медицины. Рассматривается положение и состояние зданий хосписов в РФ на данный момент, а также проблемы и возможности, с которыми они сталкиваются.

Материалы и методы исследования предусматривают методы сравнительного анализа и синтеза по мировым научным, литературным и проектным материалам; используются данные социологических опросов; в статье применяется междисциплинарный подход, учитывающий вопросы в области законодательного обеспечения, медицины, социологии, правовых норм, влияющих на комплекс требований к архитектурному проектированию хосписов и паллиативных центров.

Результаты исследований представлены как рекомендации по проектированию территорий паллиативных центров, по их благоустройству, архитектурно-планировочным и архитектурно-художественным особенностям проектирования. Эти результаты могут быть использованы в архитектурной практике проектирования центров паллиативной помощи и хосписов, а также в учебном процессе в качестве методических рекомендаций для студентов при проектировании хосписов и центров паллиативной помощи.

В качестве выводов приведены основные рекомендации по проектированию хосписов. Анализ проблем в контексте архитектурно-планировочной и градостроительной организации паллиативных центров позволит усовершенствовать структуру подобных архитектурных объектов, исследовать их типологию для дальнейшего развития. Привлечение общественности в сторону развития течения паллиативной помощи, в том числе с точки зрения их архитектурно-пространственной и градостроительной организации, акцентирует внимание людей не только на доминантной развлекательной культуре, но также на человеческом долге и достоинстве, о понимании жизни и смерти, которая ожидает каждого. Нельзя забывать о том, что не всегда крепкое здоровье сопровождает достойную жизнь человека и определяется его предпочтениями и поведением. Но достойная жизнь обязательно базируется на гуманности общества.

Ключевые слова: паллиативная помощь, архитектура паллиативных центров, архитектура хосписов, архитектура онкологических больниц, архитектура домов сестринского ухода.

ВВЕДЕНИЕ

В Древней Греции медики помощь умирающим считали оскорблением богов, человеку нельзя сомневаться в решении богов вынести смертный приговор. История возникновения паллиативной помощи — подхода, улучшающего качество жизни пациентов, столкнувшихся со смертельными заболеваниями, и их семей, связана с открытием хосписа для паломников и больных Римской матроной Фабиолой в период раннего христианства.

Сейчас слово «хоспис» укоренилось в русском языке, но его трактовка порой искажается. Необходимо учитывать, что хосписы организуются для помощи онкобольным, а понятие паллиативной помощи предполагает помощь всем больным в целом.

Этимология слова «паллиатив» (лат. Palliativus) - «временно облегчающий, но не излечивающий», «хоспис» (лат. Hospes) - «гость» (позже возникли его модификации в словах «хозяин», «отель», «госпиталь» и т.п.). Только в 1842 г., когда г. Жанна Гарнье организовала приют для умирающих в г. Лион (Франция), понятие «хоспис» стало подразумевать уход за умирающими [1,2]. В 1879 г. в Дублине (Ирландия) сёстры милосердия основали хосписы

специально для помощи умирающим. Но только к 1960-х гг. зародилось «хосписное движение» в Европе и США - это современная служба паллиативного ухода, базирующаяся на принципе: «Если больного нельзя вылечить, – это не значит, что ему нельзя помочь». Паллиативная помощь позволяет медикам приблизиться к пониманию природы жизни и смерти, а борьба за жизнь развивает методы медицинской науки[1-4]. С 1980-х гг. вопрос необходимости развития паллиативных центров ставится повсеместно. Сейчас в мировой практике существует ряд паллиативных центров с различными архитектурными решениями (рис.1).



А) Хоспис «Сённергор» (Дания, Henning Larsen Architects)

Б) Хоспис Аллфорд Холл Монаган (Лондон, Pavehall PLC, Elliot Wood Associates, BBUK)

В) Хоспис в Виттен / Крампе-Шмидт (New Building of a Hospice in Witten / Krampe-Schmidt, Германия, Architekten BDA)

Рис. 1. Архитектура современных центров паллиативной помощи в мировой практике

Что касается России, то в 1903 г. профессор Л.Л. Левшин основал хоспис (сейчас это Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена), работа которого основывалась на гуманности и велениях врачебного долга.



а. Первый хоспис в Лахте (Санкт-Петербург, 1990г.)



б. Первый Пермский хоспис (1994г.)

Рис. 2. Архитектура первых центров паллиативной помощи в РФ

Первые паллиативные центры в РФ появились в 1990-ые годы на энтузиазме организаторов, т.к. реализованных примеров, нормативной базы по проектированию подобных учреждений не было (рис. 2а, 2б) [5].

Архитектура данных значимых, но, к сожалению, единичных редких объектов отличается стихийностью, зависимостью от архитектурных особенностей объекта, в котором была открыта, если речь идет о существующих зданиях и их реконструкции, и экономичными, типовыми решениями, что касается нового строительства. Всплеск активности в проектировании и строительстве центров паллиативной помощи в России произошел в последние годы и продолжает набирать обороты. На данный момент построено несколько пансионатов и хосписов, которые выражают новый человеколюбивый и продуманный подход к проектированию таких типов объектов (рис. 3). Но для удовлетворения нужд

населения и обеспечения нормативного уровня, их количество должно вырасти в разы (сейчас в РФ действует около 70 хосписов, а по мировым данным необходимо около 500 объектов паллиативной помощи) [5,9]. В Москве паллиативная помощь доступна для 25% больных, в регионах ситуация еще более усложнена [10]. Отсутствие организованной помощи в специализированных учреждениях имеет разрушительное влияние на психоэмоциональный фон больного и всего его окружения [1,11]. При этом, к сожалению, многие любопытные архитектурные остаются на бумаге.



А. Детский хоспис «Дом с маяком». (IND Architects) построен на Долгоруковской улице в Москве в бывшем здании школы.

Б. Проект детского хосписа. (Москва, Архитектурная мастерская «ГРАН») 2013г.

В. Усадьба Измалково (Проект реставрации арх. бюро «Рождественка» 2015 г.) — бывшее дворянское имение Самариных в пос. Внуковское, сейчас - пансионат для амбулаторного лечения детей с онкогематологическими заболеваниями.



Г. Дом милосердия кузнеца Лобова (пос. Поречье-Рыбное Ростовской области 2018г.). Центр паллиативной помощи занял бывший купеческий дом

Д. Проект хосписа для взрослых в 4 километрах от Казани В Зеленодольском районе

Е. Нереализованный проект детского хосписа (Kleinewelt Architekten) в здании бывшей школы между гигантскими жилыми комплексами рядом с Садовым кольцом.

Рис. 3. Архитектурные проекты современных центров паллиативной помощи (хосписов) в РФ

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы и методы исследования предусматривают сравнительный анализ и синтез по мировым научным источникам и проектным материалам. Применяется междисциплинарный подход, учитывающий влияние на архитектурное проектирование центров паллиативной помощи медицинских, социологических, законодательных, психологических аспектов и др. Несмотря на наличие единичных объектов, организация помощи умирающим остается одной из серьезнейших нерешенных проблем в РФ. Проблемы усложняются из-за несформированной законодательной и социальной сферы в данном вопросе.

Не вдаваясь в подробности медицинские, социально-экономические и др., отметим, что сейчас необходима общероссийская стандартизация этого вида медицинской помощи для

расширения доступности паллиативных служб для населения. Существующие нормативные положения [12-14] не полностью отражают современные модели организации паллиативных служб, их специфику, номенклатуру помещений и требуемые параметры, требуемое оборудование и др., поэтому требуют актуализации. В постиндустриальную эпоху, при постоянно возрастающих потребностях и требований к комфорту жизни, развитие паллиативных центров находится в стагнации. Места, где работают высокопрофессиональные, отзывчивые и позитивные люди – это, несомненно, определяет очень многое для умирающих пациентов. Но формирование комфортной среды обитания, поиск такой архитектурно-пространственной композиции, которая бы опиралась на основные философские и социальные положения концепции хосписа, являются не менее актуальными вопросами для обеспечения условий обитания больных и их близких. Основные архитектурно-планировочные и градостроительные положения проектирования хосписов представлены в нормативных документах [12-14], но из-за давности их введения, требуются актуализация некоторых положений и требований к проектированию хосписов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования (табл. 1) представляются в виде рекомендаций по проектированию паллиативных центров, выявленных методом анализа нормативных документов, научных статей, руководств по организации паллиативной службы и др.

Таблица 1. Рекомендации по проектированию паллиативных центров

Особенности проектирования территории	Рекомендуется размещение в зоне ближнего пригорода или на озелененных территориях в среде города. Следует предусматривать подъездные пути к главному входу, выездной службе, службе приготовления пищи, помещению для хранения трупов и др. службам и помещениям, требующим транспортного обеспечения. Желательно предусматривать близость паллиативного центра к действующему культовому объекту.
Требования к благоустройству территории	Следует стремиться к достижению эффекта естественного живописного ландшафта, а также предусматривать средствами устройство мест отдыха и прогулочных маршрутов больных с использованием разнообразных малых архитектурных форм: беседок, фонтанов, водоемов, светильников, скамеек и др. Все прогулочные маршруты должны проектироваться с учетом доступности МГН. При наличии детского отделения в зонах прогулки для детского блока должны быть предусмотрены игровые площадки со специализированным оборудованием, доступные МГН.
Архитектурно-планировочные особенности	Необходимо обеспечивать малоэтажность и компактность объекта. Укрупненная структура паллиативных центров: -входная группа; -приемное отделение; -помещения кухни, столовой; -детское отделение (палаты); -взрослое отделение (палаты); -медицинское отделение; -административное отделение; -хозяйственно-бытовое отделение; -культурно-просветительское отделение; -траурные помещения [12,17].

	<p>Основные архитектурно-планировочные меры, которые необходимо обеспечить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Предпочтение отдавать палатам на 1-2 (в редких случаях - 4) койки, т.к. нужно учитывать стремление больных к общению и изоляции. При этом, площадь однокоечной палаты следует принимать не менее 14 кв. м, площадь палат на 2 койки и более следует принимать не менее 10 кв. м на 1 койку. - организация отдельных входов для всех зон здания. Все проемы в помещениях, где будут находиться больные, должны быть шириной не менее 1,1м; - наличие открытых зон (веранд, террас и др.); - беспрепятственный доступ к больным их друзей и родственников, добровольцев, религиозных служителей различных конфессий; - организация помещений для пребывания членов семьи (в том числе в ночное время); - наличие многофункционального зала для проведения мероприятий; - наличие большого количества живописных произведений, скульптур, миниатюр, создающих атмосферу домашнего уюта и др. <p>Примерный состав и площади помещений хосписа со стационаром на 30 коек дан в МГСН 4.01 – 94 [12,17].</p>
<p>Архитектурно-художественные особенности</p>	<p>Паллиативный центр должен вызывать чувство спокойствия, домашнего уюта. Композиция здания не должна иметь вид больничной или административной застройки с типовыми деталями. Гуманным решением является проектирование здания коттеджного типа, которое своим архетипом скорее напоминало бы индивидуальное жилье или дом отдыха, а не больницу для умирающих больных [10,11,16,17].</p> <p>Ощущение дома создает пастельная гамма цветов и применение природных материалов (дерево, декоративный камень, стекло, черепица). Выразительность фасадам могут придать такие элементы, как деревянные пестрые рейки, объемная декоративная плитка на фасадах, двускатные кровли, веранды, традиционная отделка фасадов из тесовой доски и др.</p>

ВЫВОДЫ

Современный уровень развития общества должна обеспечить наличие паллиативных центров в каждом регионе. Привлечение общественности в сторону развития течения паллиативной помощи, в том числе с точки зрения их архитектурно-пространственной и градостроительной организации, акцентирует внимание людей не только на развлекательной культуре, находящейся сейчас в абсолютном доминировании, но и на человеческом долге и достоинстве, о понимании жизни и смерти, которая ожидает каждого. Нельзя забывать о том, что достойная жизнь не всегда проистекает в состоянии хорошего здоровья, не всегда определяется поступками и предпочтениями человека, но непременно базируется на гуманности общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лях К.Ф. Хоспис: социальный институт постиндустриального общества // Вестник мурманского государственного технического университета Том 9 № 4, 2006 Стр.562-568
2. Ведерникова В.Г. Гуманитарные проблемы обустройства социального пространства: философия хосписа // диссертация на соискание ученой степени кандидата философских наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010

3. Пономарева И.П. История развития хосписов в России // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 7-2. С. 377-380.
4. Плютто П.А. Хоспис и общество: к философии хосписного движения // В книге: *Философские проблемы биологии и медицины Сборник материалов 3-й ежегодной научно-практической конференции*. Московский государственный медико-стоматологический университет, Институт философии РАН, Российское философское общество; Главный редактор Моисеев В. И. 2009. С. 146-149.
5. Хосписы в России. Электронный ресурс <https://ria.ru/20091014/188783369.html#ixzz2lxShpJMA> (дата обращения 05.05.2020г)
6. Касаткин А. Проект современного белорусского детского хосписа // *Архитектура. Строительство. Дизайн*. 2013. № 2 (71). С. 60-63.
7. Кислякова Ю.В. Перспективы развития хосписов в России / *Entwicklungsperspektiven der hospize in Russland* // *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2013. Т. 3. № 11. С. 1279.
8. Ткаченко А.Е., Кушнарёва И.В., Минченко С.И., Сафонова С.А., Пунанов Ю.А. О работе первого детского хосписа в 2010-2015 гг // *Онкопедиатрия*. 2015. Т. 2. № 3. С. 353.
9. Мышкина К.А., Лобанова А.В. Роль и место хосписов в современной России // *Вестник научных конференций*. 2015. № 3-1 (3). С. 95-97.
10. Дойл Д. С чего начать: руководство и предложения для планирующих организацию хосписа или службы паллиативной помощи / Пер. с англ. О. Цейтлиной; под ред. Е. В. Полевиченко. — М.: Благотворительный фонд помощи хосписам «Вера», 2017. — 172 с. ISBN 978-5-905700-03-3
11. Панищев А.Л. Хоспис как форма духовной ответственности государства // *Курский институт социального образования, Филиал Российского государственного социального университета, Курск, Россия*
12. ТСН 31;301;94 (МГСН 4.01;94). Система нормативных документов в строительстве. Московские городские строительные нормы. Хосписы [Текст]. – Введен 01;12;1994 / Ю. В. Сорокина, В. М. Аронсон, С. А. Полишкис. – М. : Архитектурно;техническое управление Москомархитектуры, 1994. – 8 с
13. ВСН 62-91*/Госкомархитектуры Проектирование среды жизнедеятельности с учетом потребностей инвалидов и маломобильных групп населения
14. Пособие к МГСН 4.12;97 Лечебно;профилактические учреждения. Выпуск 1. Общие положения. Стационарные учреждения: Основные положения. Приемные отделения [Текст]. – Введен 29;09;1998 / Ю. В. Сорокина, Г. И. Рабинович, Г. Н. Ильницкая, С. А. Полишкис. – М. : Москомархитектура, 1998. – 29 с.
15. Назарук А.А., Мироненко О.В. Роль дизайнера в формировании комфортной среды хосписа // *Теория та практика дизайну*. 2017. № 12. С. 166-173.
16. Хосписы. Сборник материалов: литературный обзор, рекомендательные и справочные материалы. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Благотворительный фонд помощи хосписам «Вера», 2011. – ISBN 978-5-905700-02-6
17. Ключко А.Р., Ясенецкая И.Г. Современные тенденции в архитектурном проектировании хосписов// *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия Том: 10 Номер: 2 Год: 2020 УДК: 721:364-58 DOI: 10.22227/2305-5502.2020.2.*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЁТА ПОСТУПАЮЩЕЙ ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Е.В. Коркина^{1,2}, М.Д. Тюленев²

¹ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук: 127238, Москва, Локомотивный пр., 21, elena.v.korkina@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, tyumatvey@mail.ru

Аннотация

В настоящее время в строительной отрасли актуальной является проблема энергосбережения и связанные с ней проектные решения. К исследованиям, направленным на энергосбережение, относится и учёт теплопоступлений от солнечной радиации. Данный расчёт можно проводить при учёте ряда факторов: ориентации фасадов здания, влияния окружающей застройки, поступления прямой солнечной радиации по часам светового дня. Именно последнему аспекту уделено мало работ в отечественных источниках. В основе отечественных методов расчёта прямой радиации лежит расчёт коэффициентов пересчёта прямой радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную, а также справочные данные о поступлении прямой радиации на горизонтальную поверхность. Расчет прямой радиации, поступающей на вертикальную поверхность заданной ориентации, проводится перемножением указанных параметров. Ранее коэффициенты пересчёта были получены для всей территории России как частное от деления экспериментальных значений прямой радиации, поступающей на вертикальную поверхность, к таковой, поступающей на горизонтальную поверхность. При таком расчёте невозможно вычислить по часам поступление прямой радиации на фасад заданной ориентации. В связи с этим, целью данной работы является проведение расчётов поступающей прямой солнечной радиации по часам светового дня на фасады различной ориентации и сравнение его с вышеописанным расчётом. Для достижения указанной цели были проведены расчёты коэффициентов пересчёта и прямой солнечной радиации по часам светового дня для четырех основных ориентаций (г. Москва), а также аналогичные расчёты на основе коэффициентов пересчета, полученных из экспериментальных значений. Сравнение указанных расчётов показало их хорошую сходимость лишь при длительном и интенсивном облучении фасадов. Однако, на основе лишь такого сравнения, невозможно оценить точность ни одного из рассматриваемых расчётов. Поэтому были проведены сравнительные расчёты и измерения температуры нагрева поверхности стены от солнечной радиации при разных методах вычисления последней. Показано, что при использовании почасовых коэффициентов пересчёта результаты расчёта температуры нагрева стены от солнечной радиации более близки к таковым, полученным путем измерений, что подтверждает более высокую точность предлагаемого почасового расчёта.

ВВЕДЕНИЕ

В строительной отрасли множество исследований направлено на разработку подходов, обеспечивающих снижение потребляемой зданием энергии. К таковым исследованиям относится и учёт теплопоступлений от солнечной радиации. Данный расчёт возможно проводить при учёте ряда факторов, характеризующих светопрозрачные ограждающие конструкции здания, его географическое расположение и влияние затеняющих элементов и зданий. Для учёта некоторых из этих факторов, например, затенения зданиями окружающей застройки, необходимо проводить расчёт поступающей солнечной радиации в зависимости от длительности облучения Солнцем фасадов здания. Именно последнему аспекту уделено

мало работ в отечественных источниках. В основе отечественных методов расчёта прямой радиации лежит расчёт коэффициентов пересчёта прямой радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную, проведенный в середине прошлого века, а также справочные данные о поступлении прямой радиации на горизонтальную поверхность. Оба параметра вычислены на основе многолетних наблюдений [1, 2] и приведены для всей территории России в соответствующих источниках¹. Расчет прямой радиации, поступающей на вертикальную поверхность заданной ориентации, проводится перемножением указанных параметров, что показано в работе [2]. Этот расчёт и заложен в отечественные нормативные документы¹. Однако, коэффициенты пересчёта были получены как частное от деления экспериментальных значений прямой радиации, поступающей на вертикальную, к таковой, поступающей на горизонтальную поверхность за период облучения фасада заданной ориентации [1]. В работе авторов [3] приведены теоретические основы почасового расчёта поступающей прямой солнечной радиации. А в работе [4] приведены результаты измерений и анализа температуры нагрева поверхности стены от солнечной радиации по часам светового дня. Целью данной работы является проведение расчётов поступающей прямой солнечной радиации по часам светового дня на фасады различной ориентации и сравнение его с расчётом, заложенным в нормативные документы, при использовании данных о температуре нагрева поверхности стены от солнечной радиации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем разделе рассматриваются сравниваемые методы расчёта поступающей солнечной радиации: приведенные в работе авторов [3] с почасовой зависимостью и приведенные в работе [1] с коэффициентами пересчёта, полученными из экспериментальных значений, в дальнейшем вошедшие в нормативные документы. Также рассматривается расчёт температуры нагрева поверхности стены от солнечной радиации на основе экспериментальных значений. Подробное рассмотрение этого эксперимента приведено в работе авторов [4].

Первый метод. Ранее в работах [3, 5] было показано, что расчёт поступающей прямой солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность в зависимости от истинного солнечного времени, проводится по формуле:

$$S_1^{\text{всп}}(t_{\odot}) = K_{\text{ГВ}}^{\text{н}}(t_{\odot}) \cdot S^{\text{гор}}(t_{\odot}), \quad (1)$$

где:

$S^{\text{гор}}(t_{\odot})$ – значение прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, в зависимости от истинного солнечного времени, МДж/м².

$K_{\text{ГВ}}^{\text{н}}(t_{\odot})$ – коэффициент пересчёта солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ГВ}}^{\text{н}}(t_{\odot}) = \frac{\cos \psi(t_{\odot})}{\text{tgh}_{\odot}(t_{\odot})} \quad (2)$$

Расчёт поступающей рассеянной солнечной радиации проводится по формуле:

$$D_1^{\text{всп}}(t_{\odot}) = D^{\text{гор}}(t_{\odot})/2 \quad (3)$$

Суммарная радиация $I_{\text{н}}^{\text{всп}}(t_{\odot})$ рассчитывается как:

$$I_{\text{н}}^{\text{всп}}(t_{\odot}) = S_1^{\text{всп}}(t_{\odot}) + D_1^{\text{всп}}(t_{\odot}) \quad (4)$$

Второй метод. При расчётах поступающей солнечной радиации по ранее принятым отечественным методикам, заложенным в нормативные документы, опускается зависимость от истинного солнечного времени, т.к. она косвенно присутствует в коэффициенте пересчёта $K_{\text{ГВ}}^{\text{н}}$, определенном из экспериментальных значений прямой вертикальной и горизонтальной солнечной радиации. В приложении Е нормативного документа¹ приведены коэффициенты

¹ СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». М.: Минстрой России, 2017. 51 с.

пересчёта $K_{ГВ}^{\vartheta}$, составленные на основе экспериментальных данных для всего периода облучения фасада заданной ориентации. Расчёты в данном случае, опуская прямую зависимость от истинного солнечного времени, аналогичны расчётам по формулам (1)-(4). Обозначения при этом для прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации следующие: $S_2^{\text{вер}}$, $D_2^{\text{вер}}$, $I_2^{\text{вер}}$.

Расчёт температуры нагрева стены. Зависимость температуры нагрева фасада от поступающей солнечной радиации определяется формулой А.М. Шкловера [6] для каждого часа светового дня:

$$t_{\text{н}}^{\text{усл}} = t_{\text{н}} + \frac{I^{\text{вер}} \cdot \rho}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С; $I^{\text{вер}}$ – суммарная солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность фасада за исследуемый промежуток времени, Вт/м²; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью фасада; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплообмена у поверхности фасада, Вт/м²·°С.

Исследования с использованием метода 1 и метода 2

В работе авторов [4] подробно описан объект измерений (стена южной ориентации, г. Москва), экспериментальное определение температуры нагрева его поверхности ($t_{\text{н}}^{\text{изм}}$), параметров, входящих в формулу (5): $t_{\text{н}}$, ρ , а также величин поступающей на горизонтальную поверхность прямой $S^{\text{гор}}(t_{\odot})$ и рассеянной $D^{\text{гор}}(t_{\odot})$ солнечной радиации. По значениям экспериментально полученных $S^{\text{гор}}(t_{\odot})$ и $D^{\text{гор}}(t_{\odot})$ возможно рассчитать $I^{\text{вер}}$ [5, 7]. Последнее обстоятельство в данной работе и предложено использовать для сравнения методов расчёта поступающей солнечной радиации (метод 1 и метод 2). Таким образом сравнивается измеренное значение $t_{\text{н}}^{\text{изм}}$, а также вычисленные значения $t_1^{\text{усл}}$ и $t_2^{\text{усл}}$, соответствующие применению методов 1 и 2 при расчётах $I_1^{\text{вер}}$ и $I_2^{\text{вер}}$, затем подставленных в формулу (5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен расчёт по формуле (5) с использованием метода 1 и метода 2 только для ясных дней. Затем произведено вычисление разности измеренной и рассчитанной температур. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Разность измеренной температуры нагрева поверхности стены и рассчитанной по методу 1 и по методу 2.

Часы	День №1	День №2	День №3	День №4	День №5	Средняя разность
Метод №1						
3	-2,12	-2,06	-1,15	-2,03	-1,44	-2,12
4	-2,38	-2,21	-1,24	-2,08	-1,76	-2,38
5	-2,75	-2,56	-1,17	-2,05	-2,24	-2,75
6	-3,16	-2,61	-1,94	-2,92	-3,10	-3,16
7	-2,40	-1,86	-1,98	-2,79	-3,86	-2,40
8	-0,83	-0,51	-0,77	-1,14	-1,86	-0,83
9	-0,29	0,23	-0,91	-0,36	-0,90	-0,29
10	0,27	-0,04	-0,66	-0,11	-0,32	0,27
11	0,80	-0,35	-0,45	-0,47	1,57	0,80
12	0,71	0,00	-0,36	0,16	3,09	0,71
13	1,23	0,83	0,22	-1,33	3,06	1,23
14	0,95	0,74	0,76	-0,24	0,61	0,95
15	1,70	1,71	1,95	0,58	1,54	1,70
16	0,42	-0,07	0,21	-0,27	0,03	0,42
17	-0,09	-0,33	-0,59	-0,61	-0,15	-0,09

Часы	День №1	День №2	День №3	День №4	День №5	Средняя разность
18	-0,97	-1,09	-1,22	-1,01	-1,29	-0,97
19	-1,31	-1,66	-1,45	-1,46	-1,59	-1,31
20	-1,37	-1,80	-1,66	-1,69	-1,67	-1,37
Метод 2						
3	-2,14	-2,07	-1,18	-2,06	-1,46	-2,14
4	-2,70	-2,62	-1,70	-2,51	-1,89	-2,70
5	-3,69	-3,73	-2,45	-3,24	-3,27	-3,69
6	-4,64	-4,10	-3,57	-4,44	-4,42	-4,64
7	-2,93	-2,38	-2,54	-3,32	-4,39	-2,93
8	-0,29	0,02	-0,20	-0,66	-1,40	-0,29
9	1,17	1,66	0,64	0,73	0,20	1,17
10	2,34	2,01	1,52	1,71	1,40	2,34
11	2,97	1,82	1,83	1,37	3,07	2,97
12	2,42	1,68	1,43	1,06	3,53	2,42
13	1,96	1,54	0,98	-0,80	3,04	1,96
14	0,20	0,01	-0,02	-0,98	-0,32	0,20
15	-0,96	-0,95	-0,83	-1,87	-0,51	-0,96
16	-1,64	-2,12	-1,96	-2,33	-1,71	-1,64
17	-2,02	-2,26	-2,58	-2,58	-0,74	-2,02
18	-2,01	-2,15	-2,18	-2,13	-1,86	-2,01
19	-1,64	-1,99	-1,84	-1,87	-1,82	-1,64
20	-1,38	-1,81	-1,69	-1,71	-1,69	-1,38

Из данных таблицы 1 видно, что для утренних и вечерних часов значения разности измеренной и рассчитанной температур сопоставимы для методов 1 и 2. Для дневных часов, когда наблюдается наибольший нагрев поверхности стены от солнечной радиации, метод 1, разработанный для расчёта радиации по часам, даёт значения, наиболее близкие к измеренным. Данное обстоятельство показывает, что метод 1 обеспечивает достаточно хорошую точность расчётов.

ВЫВОДЫ

Представлен расчёт поступающей солнечной радиации по часам светового дня.

Проведено сравнение методов расчёта поступающей солнечной радиации путём сравнения рассчитанной и измеренной температуры нагрева стены.

Показано, что расчёт температуры нагрева стены с использованием почасовых коэффициентов наиболее близок к её измеренным значениям, что косвенно подтверждает точность представленного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пивоварова З.И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства // Труды ГГО. 1973 г. Вып.321. 128С.
2. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Ленинград: Гидрометеиздат. 1978. 170 С.
3. Коркина Е.В. Почасовой расчет поступающей прямой солнечной радиации на фасады здания// Известия высших учебных заведений. Строительство. №2. 2020. С.103-112.
4. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Пастушков П.П., Тюленев М.Д. Исследование температуры нагрева поверхности фасада от солнечной радиации при различных условиях облучения. Жилищное строительство. 2020. № 7. С. 19-25.

5. Коркина Е.В. Графический метод расчета поступающей на фасад прямой солнечной радиации при наличии противостоящего здания // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 237–249. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.237-249.
6. Шкловер А.М., Васильев Б.Ф., Ушков Ф.В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий. М: гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1956. 350с.
7. Коркина Е.В., Шмаров И.А. Аналитический метод расчета рассеянной солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность при частично перекрытом небосводе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 230-236

ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» ПРИ РАЗВИТИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ

К.Ю. Кулаков, Е.С. Соловьева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Бережливое строительство - инновационное стратегическое направление менеджмента качества, которое ориентировано на стремление к развитию отрасли промышленного и гражданского строительства. Данное направление предусматривает использование всех доступных методов, технологий и инструментов для минимизации времени, объемов работ и стоимости строительного процесса. К применяемым методам и процессам относятся так же и инновационные элементы бережливого производства в управлении инвестиционно-строительным проектом. Применение методов и принципов бережливого строительства в строительных компаниях может привести к снижению затрат и достижению больших результатов за менее короткое время.

В рамках данной статьи рассматривается возможность применение методики бережливого строительства для развития инфраструктуры туристических кластеров. Туриндустрия в большинстве стран является приоритетным направлением политики государства. Россия – это страна с высоким туристическим потенциалом. К сожалению, этот потенциал в настоящее время реализован не в полной мере.

На развития туриндустрии в стране не малое влияние оказывает и инфраструктура, которая включает в себя не только гостиницы, отели и места временного размещения граждан, но и развитую дорожную сеть, аэропорты, железнодорожный транспорт, объекты коммунальной инфраструктуры позволяющие туристам без проблем добираться до нужного места и комфортно проводит время отдыха.

В статье рассмотрены основные идеи и преимущества концепции «бережливого строительства», основные проблемы развития туристических кластеров. А также представлены основные способы решения проблем, возникающих в туриндустрии на основе реализации методов «бережливого строительства».

БЕРЕЖЛИВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО – ИДЕЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА

В настоящее время строительство является одним из важнейших факторов развития экономики. На современном этапе развития экономики и эффективных рыночных инструментов главными требованиями строительной отрасли являются повышение экономической эффективности строительства, повышения качества и энергоэффективности строящихся зданий и сооружения, сокращение сроков работ, высокая конкурентоспособность [1]. В связи со спецификой строительной отрасли внедрение новых, быстро развивающихся технологий занимает длительный период. Поэтому строительная сфера значительно отстает от других областей промышленности по вопросам совершенствования методов управления. Невозможность быстрой систематизации подходов организации строительных процессов увеличивает процент появления сбоев при выполнении работ, что влечет за собой потери капиталовложений, затруднение работы персонала и т.д. Очень важно помнить основные особенности специфики строительной отрасли, уникальность каждого процесса в силу разнообразия проектов, множества участников строительства, условий реализации, особенностей территорий.

Одним из инструментов совершенствования реализации строительной продукции и повышения уровня управленческих умений и навыков может стать комплекс современных управленческих инструментов и методов «бережливое строительство» (Lean construction), которое позволит обеспечить эффективное использование всех ресурсов (людских,

материальных, временных), повысить качество производства объектов и сооружений, сократить сроки и затраты на строительство.

Бережливое строительство – это одно из направлений менеджмента качества, ориентированное на развитие отраслей промышленного и гражданского строительства, целью которого является исправление хронических проблем строительства [2]. Lean construction является быстроразвивающейся областью управления качеством, которая способна обеспечить высокий уровень конкурентоспособности во время продолжительного периода существования организации, при этом не нуждающаяся в высоких капитальных вложениях.

Основными целями данного вида строительства можно считать ликвидацию или сведение к минимуму основных видов потерь. Основные виды потерь указаны на рис. 1.



Рис. 1. Основные виды потерь в строительстве

Период выполнения требований и задач можно достаточно существенно сократить во время переосмысления строительных процессов, которые направлены на снижение количества потерь. Используются следующие инструменты и методы бережливого строительства (табл.1) позволяющие сократить и устранить основные потери и проблемы, появляющиеся при строительстве[2].

Таблица 1. Методы и инструменты бережливого строительства

Наименование	Суть метода/инструмента
Последнее планирование (Last Planner)	За счет короткого срока (не более одной недели), способствует обнаружить основу первопричин сбоя за счет чего идет совершенствование видов работ.
Точное время	Разработка логистики поставки материалов и ресурсов, расчет их необходимого количества проверка качества.
Кайдзен	Постоянное улучшение процессов. Использование цикла Plan-Do-Check-Act (планирование-действие-проверка-корректировка).
5С	Улучшение организации рабочих мест и за счет этого сокращение потерь. Входит в состав подхода Кейдзен.
Андон	Дает представление о текущем состоянии хода строительных работ на базе информационного управления.

FIFO	Соблюдение точной последовательности выполнения строительно-монтажных работ.
TQM (Total Quality Management)	Повышение качества всех организационных процессов.
BIM (Building Information Modeling)	Помогает снизить потери на стадии проектирования.

Комбинация нескольких инструментов и методов создает гибкую систему управления проектом, тем самым совершенствуя деятельность строительных предприятий. Некоторые из инструментов можно использовать и по отдельности.

Так же нельзя не отметить основные области, на которые направлены методы и инструменты бережливого строительства: стандартизация и безопасность процессов, внутренняя и внешняя коммуникация, организация рабочего места, гибкость, мониторинг, прозрачность, системность внедрения, квалификация, визуальный менеджмент, сокращение транспортных расходов. Составление чек-листа необходимого состояния основных областей дает возможность заранее проанализировать основные потери и исключить действия ответственных лиц, которые отрицательно сказываются на процессе [3].

Изучив основные идеи бережливого строительства можно выделить следующие преимущества данной технологии:

Сокращение сроков строительства за счет различных согласований, в том числе и построения логистики на объекте, фильтрации основных параметров.

Снижение уровня нестабильности строительных процессов за счет последовательного перехода к новой задаче после завершения предыдущей;

Создание условий для бесперебойного выполнения работ строительными бригадами, что повышает эффективность и снижает сроки строительства;

Еженедельные совещания по графикам выполнения работ и исправления ошибок различных рабочих групп и специалистов;

Мониторинг выполнения плана от общего объема работ. Позволяет анализировать неудачи и тем самым корректировать процесс;

Снижение финансовых затрат на строительство объекта или сооружения.

В рамках данной работы рассматривается применение методики бережливого строительства к развитию инфраструктуры туристических кластеров.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ

Совершенствование развития туристической индустрии в Российской Федерации является существенной задачей. Россия входит в число стран, которые характеризуются высоким туристическим потенциалом, но данный потенциал реализован не в полном объеме [4].

В 2019 году была утверждена стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2023 года. Основными задачами данной стратегии развития является создание условий для формирования инфраструктуры как внутреннего, так и въездного туризма, а так же продвижение высококачественного туристического продукта, который будет конкурентоспособен на туристическом рынке.

Поставленные перед девелоперами задачи в развитии туристической отрасли рациональнее всего решать используя кластерный подход к формированию инфраструктурных проектов. Туристические кластеры в настоящее время способны решить множество проблем, одной из которых является повышение конкурентоспособности и повышение качества туризма.

Инфраструктура является одним из основных компонентов развития всей туристической индустрии в стране. Под туристической инфраструктурой стоит понимать не только не только гостиницы, отели и места временного размещения граждан, но и развитую дорожную сеть, аэропорты, железнодорожный транспорт, объекты коммунальной инфраструктуры позволяющие туристам без проблем добраться до нужного места и комфортно проводит время отдыха.

Таким образом, кластерный подход при планировании инфраструктуры туристической индустрии – это комплекс сооружений, дорожно-коммуникационных и коммунально-бытовых объектов, обеспечивающих нормальный доступ туристов к туристским ресурсам и их надлежащее использование в целях туризма, а также обеспечение жизнедеятельности предприятий индустрии туризма [5].

Безусловно для создания комфортной инфраструктуры туристических кластеров необходимо разрабатывать достаточно крупные инвестиционно-строительные проекты. Количество задействованных ресурсов, сроки реализации и окупаемость таких проектов делают их практически уникальными. Такие проекты являются многозадачными, и их организация проходит пять основных этапов:

- организационное планирование
- проектирование и разработка
- подготовительные работы
- организация строительства
- строительное производство

Первому этапу необходимо уделить особое внимание, так как область туризма своеобразна, а реализация внутри нее девелоперских проектов требует нестандартных подходов к решению проблем.

На сегодняшний день в России одной из главных проблем создание и развитие туристических кластеров является неразрывность инфраструктуры. Рассмотрим основные проблемы и трудности, с которыми сталкиваются девелоперы при разработке и реализации проектов, направленных на развитие инфраструктуры туристических кластеров.

Основной проблемой является длительность создания инфраструктуры туристических кластеров и большой срок окупаемости продукции. Как известно длительные сроки влекут за собой большую степень риска.

Низкое качество продукции – это еще одна из проблем развития инфраструктуры. Низкое качество и неразвитость дорожной инфраструктуры, как правило, отталкивают туристов. Помимо низкого качества дорожного покрытия возникает проблема низкого качества сервиса. На территории России до сих пор остается достаточно большое количество «советских» гостиниц и отелей, которые не соответствуют той цене, которую платят за них посетители.

Необходимость опираться на рекреационный и ресурсный потенциал конкретного региона.

Использование инновационных решений. Такие решения позволяют повысить комфортность, безопасность и эффективность проектов.

Необходимость следить и координировать действия множества участников инфраструктурных в проектах туристических кластеров.

Вышеперечисленные проблемы можно решить, используя методику бережливого строительства. Следовательно, реализуя девелоперские проекты, направленные на улучшение инфраструктуры туристических кластеров нужно основываться на концепции бережливого строительства.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Как уже говорилось ранее двух абсолютно одинаковых проектов по развитию инфраструктуры туристических кластеров нет, так как приходится иметь дело с разными состояниями объектов в различных условиях, в разное время [6]. Вследствие чего, можно сделать вывод, что все возникающие проблемы в данной отрасли решить одним стандартным подходом невозможно. Необходимо при каждой возникшей трудности выявлять причины ее появления. Методология бережливого строительства направлена на то, что бы все возникшие проблемы выявлять в кратчайшие сроки и в последующем не допускать их повторения.

Для получения максимального эффекта от использования методов бережливого строительства необходимо участие все сотрудников, стремление к устранению потерь, которые могут возникнуть на каждом из этапов строительства и максимальная ориентация на производителя. Для эффективного использования методики бережливого строительства для вышеперечисленных проблем необходимо понимать ключевые факторы, влияющие на будущее девелоперской компании и определяющие ее стратегию. На рисунке 2 представлен алгоритм управления проектами с применением концепции бережливого строительства.

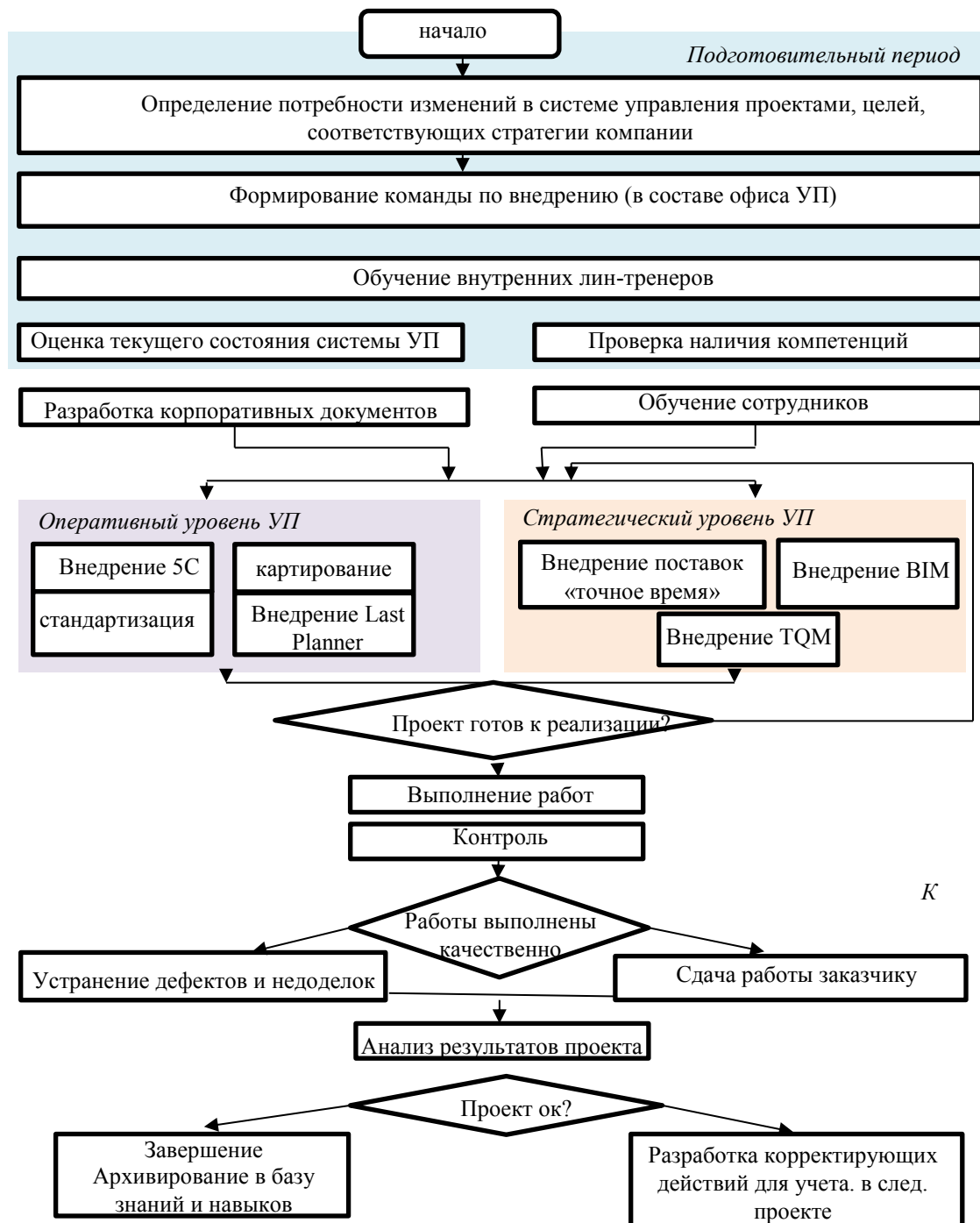


Рис. 2. алгоритм управления проектами с применением концепции бережливого строительства

В России попытки оптимизировать и ускорить строительства начинаются слишком поздно, уже на стадии СМР, когда самые эффективные возможности борьбы с потерями уже упущены. Такой традиционный стиль управления строительными проектами порождает выталкивание рисков на следующие фазы инвестиционно-строительного цикла. Чем раньше

начинается внедрение методов бережливого строительства, тем больше в абсолютном выражении будет его экономический эффект и сокращение сроков строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России в настоящее время методология бережливого строительства практически не используется. Однако применение данного направления является эффективным способом достижения даже самых противоречивых задач, таких как снижение стоимости и сроков строительства при повышении качества [7]. Любая строительная организация вправе решать сама, какие из инструментов бережливого строительства эффективнее применить для повышения качества реализуемого проекта. Все зависит от опыта участников и специфики проекта.

Lean construction – это инновационное стратегическое направление, которое можно внедрить в любой проект при минимальных затратах с достижением существенных результатов в короткие сроки[1,2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Хузиев Г.М. Сагнитова Н.С. Модель внедрения бережливого производства в строительной отрасли // управление устойчивого развития. 2019. №1 С 24-28
2. Клесова Д., Козоловская М. Бережливое мышление как ключ к развитию инноваций в строительстве // Архитектура. Строительство. Образование. 2020 №1(15). С 3-8
3. Агишев К.Н. Мальнев С.Ю. Хватова Т.Ю. Разработка концепции управления инвестиционно-строительными проектами с использованием инструментов, методов и технологий бережливого строительства // Бизнес. Образование. Право. 2019. №3(48). С 207-210
4. Орлов А.К. Особенности девелопмента мегапроектов по созданию инфраструктуры туристических кластеров в российской федерации // Международный научно-технический журнал «Недвижимость: экономика, управление». 2017. №4. С 43-47
5. Орлов А.К. Мальцев Т.А. проблемы и перспективы реализации инвестиционно-строительных мегапроектов например создания туристско-рекреационных кластеров // Экономика и предпринимательство. 2017. № 85. С 346-350
6. Дерипаско Э.Э. Управление строительством: бережливый подход // Евразийский научный журнал.2017. №1.
7. Будзуляк Б.В. Апостолов А.А. Селезнев Н.Ф. Моисеев Л.П. Бережливое строительство – стратегическое направление развития отрасли // Экономика. Организация. Управление. 2015. № 11. С 10-14

УРБАНИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

В.А. Курочкина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, ш. Ярославское, д. 26,
kurochkina@mgsu.ru

Аннотация

Нарастающие темпы урбанизации характеризуются возрастающей интенсивностью техногенного воздействия на водные объекты, особенно в тех случаях, когда они расположены непосредственно в центрах урбанизации, либо в зонах их влияния.

Для водообеспечения хозяйственной деятельности в городах изымается значительная доля водных ресурсов, обратно же отводятся большие объемы неочищенных или условно чистых сточных вод. Как следствие, гидрохимический и гидрологический режимы водных объектов урбанизированных территорий сильно изменены, что в свою очередь приводит к накоплению в водных объектах значительного количества загрязненных донных отложений, которые отрицательно влияют на качество воды и общее экологическое состояние водных объектов. Поскольку негативное воздействие урбанизации (с разной степенью интенсивности) на водные объекты продолжается более 100 лет, то объемы загрязненных отложений, накопленных в водных объектах РФ, в ряде случаев достигают критических значений. Очистка загрязненных участков водных объектов может выполняться с использованием различных комплексов мероприятий. Однако, разработка таких мероприятий может основываться только на детальном комплексном их обследовании.

В настоящей статье показано, что при проведении подобных исследований необходимо учитывать не только миграцию токсичных веществ в различных сопредельных средах, например, из воды в донные отложения, из донных отложений в растения, а также влияние этих соединений на всю трофическую цепь, в конце которой находится человек. При этом, особо хотелось бы отметить, что как и при проведении восстановительных работ, так и при эксплуатации водных объектов, необходимо помнить, что водный объект является единой водной экосистемой системой, неразрывно связанной с прилегающими территориями.

Ключевые слова: урбанизированные территории, водные объекты, загрязнение, экологическое состояние водных объектов, тяжелые металлы.

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация территорий и многолетнее использование водных ресурсов привело к постепенному изменению природных условий и естественного режима водных объектов урбанизированных территорий под воздействием техногенной нагрузки [1]. Речные системы городских агломераций используются для водоснабжения, водоотведения, для нужд водного транспорта и энергетики, а также в качестве объектов рекреации [2-4].

Высокая плотность населения, водный транспорт и значительный промышленный потенциал способствуют тому, что урбанизированные территории становятся преобладающими источниками загрязнения водных объектов. Поступление антропогенных взвесей в водных объектах урбанизированных территорий представляет собой один из основных путей распространения загрязнений на урбанизированных территориях.

Наибольшее потребление водных ресурсов осуществляется предприятиями энергетики, химической, целлюлозно-бумажной и металлургической отрасли промышленности.

Распределение преобладающих загрязнителей и промышленное потребление на единицу площади по отраслям промышленности ($\text{м}^3/\text{сут}$ на га) представлено в таблице 1.

Таблица 1. Промышленное потребление на единицу площади ($\text{м}^3/\text{сут}$ на га) и преобладающие загрязнители по отраслям промышленности [5]

Отрасль промышленности	Промышленное потребление	Преобладающие виды загрязнителей
Целлюлозно-бумажная	15000-80000	Органические вещества (лигнины, смолистые и жирные вещества, фенол, метилмеркаптан и др.), аммонийный азот, сульфаты, взвешенные вещества
Деревообрабатывающая	50-500	
Машиностроение	500-5000	Тяжелые металлы, взвешенные частицы, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, смолы, фенолы, флото-реагенты
Химическая, нефтехимическая	5000-15000	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирен, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	50-500	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, органические вещества, пластмассы, в том числе в виде механических взвесей

Нарастающие темпы урбанизации характеризуются возрастающей интенсивностью техногенного воздействия на водные объекты, что привело к необходимости создавать нормативную систему управления качеством природных ресурсов [6-10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вынос взвесей с урбанизированной территорией может многократно превышать их объем, поступающий в водный объект из природных ландшафтов той же площади. К основным загрязняющим веществам можно отнести:

загрязнения нефтью и нефтепродуктами, это явление свойственно большинству городских водоемов;

загрязнение хлоридами, связанное с применением солей, симулирующих таяние снега;

загрязнение ПАУ (особенно бенз(а)пирена, который особенно интенсивно поступает с поверхностным стоком);

загрязнения детергентами, которое может обуславливать нарушение кислородного режима, изменение естественного хода химических процессов, отравление гидробионтов и угнетение жизни в водоемах;

загрязнение тяжелыми металлами, опасность загрязнения которыми связана с концентрационной функцией организмов, а именно, при движении из воды в водную растительность концентрация загрязняющих веществ нарастает по мере их продвижения по трофическим звеньям [11,12].

Характер влияния некоторых веществ на здоровье людей приведены в таблице 2.

При поступлении в водные объекты, загрязняющие вещества распределяются между составляющими компонентами водной экосистемы [13]. Общий уровень загрязненности водных объектов можно определить следующими взаимосвязанными факторами:

количественные и качественные характеристики загрязняющих веществ, поступающие от источников загрязнения;

гидравлические и гидрогеологические характеристики водного объекта;

состав и свойства загрязненных донных отложений;

вторичное загрязнение.

Таблица 2. Влияние некоторых химических элементов на здоровье людей

Элемент	Характер действия
Ni ²⁺	поражение почек
Cd ²⁺	канцероген поражение почек, легких, кожи
Cr ³⁺	недостаток ведет к атеросклерозу
Cu ²⁺	поражение желудочно-кишечного тракта
Pb ²⁺	поражение кроветворной системы
Hg ²⁺	поражение центральной нервной системы
Zn ²⁺	токсичен
As ³⁺	рак кожи
Se ⁶⁺	токсичен
Be ^{II}	поражение кроветворной системы, нервных клеток головного мозга
Mo ⁶⁺	"молибденовая подагра"
Mn ²⁺	поражение центральной нервной системы

Условия взаимодействия воды и донных отложений, осаждения частиц и формирования донных отложений, миграция и трансформация загрязняющих веществ в водном объекте - все эти факторы будут влиять на уровень загрязненности водных объектов. Схема воздействия загрязнений на экологическое состояние водной экосистемы представлена на рисунке 1.

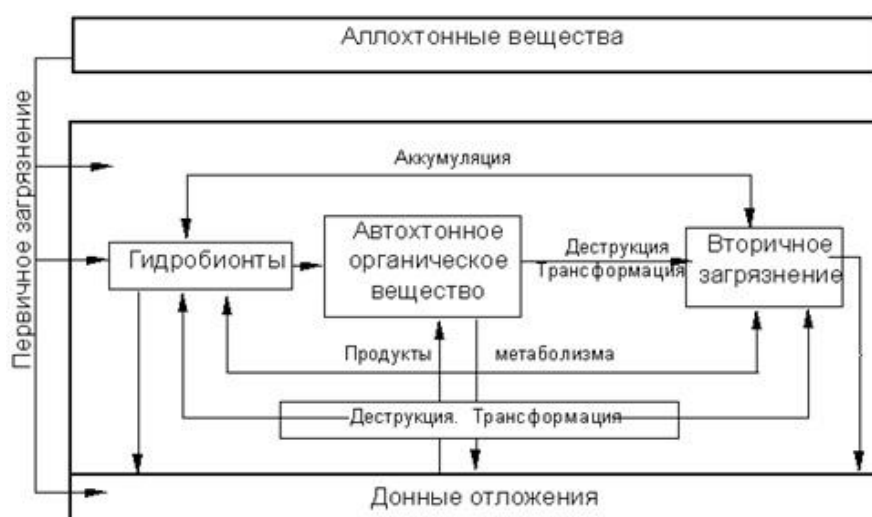


Рис. 1. Общая схема первичного и вторичного загрязнения водных объектов

Загрязняющие вещества техногенного происхождения, оседая, могут выступать в качестве долгосрочного поллютанта поверхностных вод.

При этом загрязненные донные отложения, растительность водных объектов могут выступать в качестве постоянного источника загрязнения водного объекта даже при условии, что воздействие, создававшее поступление загрязняющих веществ в них, было прекращено [14].

Для того, чтобы получить сведения о характере, масштабах и особенностях влияния урбанизации на водный объект (с учетом того, что большинство городов были построены на берегах рек, влияющих в большей или меньшей степени на формирования урбанизированных территорий), необходимо опираться на критерии или индикаторы, отражающие следующие факторы:

особенности формирования города (идентичность), которые обуславливаются историей формирования города, особенностями застройки на разных этапах формирования городской среды, наличием водных объектов;

расположение центра урбанизации в непосредственной близости от водного объекта (водотока) с определением степени его влияния на формирования урбанизированного пространства;

формирование целостности урбанизированного пространства, неотъемлемой частью которых являются водные объекты (гармоничного взаимодействия водных участков и прилегающих территорий);

различные масштабы водных объектов (водотоков) и центров урбанизации по водности, населенности и характеру производств;

охват различных территориально-климатических зон РФ;

ландшафтные особенности местности;

анализ водных объектов с различными гидроморфологическими параметрами, в том числе центральных и малых водотоков (выявление характера использования водных объектов, степень их антропогенной измененности в т.ч. биоты, уровень загрязнения);

возможность развития и трансформации во времени системы «урбанизированная территория - водный объект» на любых этапах ее существования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время оценка экологической или санитарно-токсикологической опасности уровней содержания химических элементов в окружающей среде проводится путем сравнения их реальных концентраций в исследуемом природном компоненте с нормативными уровнями, определяющими безопасные условия существования живых организмов, прежде всего, человека. В нашей стране для этих целей чаще всего применяют показатели существующей системы санитарно-гигиенического нормирования (ПДК - предельно допустимая концентрация, ОДК - ориентировочно допустимая концентрация, МДУ - максимальный допустимый уровень и т. д.).

Для определения степени воздействия загрязнения на водные экосистемы концентрации загрязняющих веществ в среде сравниваются с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК), разработанные и гостированные максимальные значения концентраций загрязняющих веществ в рассматриваемой среде, установленные за определенный период осреднения наблюдений, не оказывающие при принятой по результатам экспериментальных наблюдений вероятности проявления какого-либо вредного воздействия на живые организмы.

В России разработаны ПДК для водной среды как абиотической составляющей для питьевого и технического водоснабжения, а также для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рбхз}).

На рисунке 2 приведен результаты анализ донных отложений р.Москвы, который показал наличие токсичных соединений, в том числе тяжелых металлов в количествах, значительно превышающих предельно-допустимое концентрации (ПДК) [15]. Общее содержание тяжелых металлов в донных отложениях достигает 1000-15000 мг на кг сухого веса, что в процентном отношении примерно в 100-1000 раз превышает ПДК этих соединений в воде [16].

Однако, используемые санитарно-токсикологические показатели, по большей части используемые для оценки качества соответствующих сред, имеют некоторые недостатки. Так, например, существующие ПДК не учитывают зависимости степени их воздействия на живые организмы от различных условий [17]. В частности, при таких оценках не учитывается то обстоятельство, что наносимый вред определяется не наличием токсикантов как таковых, а их биологической доступностью. Возможны случаи отсутствия эффекта токсичности (гибели тест-объектов), даже если токсиканты обнаруживаются при химических анализах. И, наоборот – при регистрируемом отсутствии токсикантов может проявляться вредный эффект [15]. Кроме того, химические показатели не учитывают возможности трансформации загрязняющих веществ в воде и донных отложениях, их взаимодействия [18].

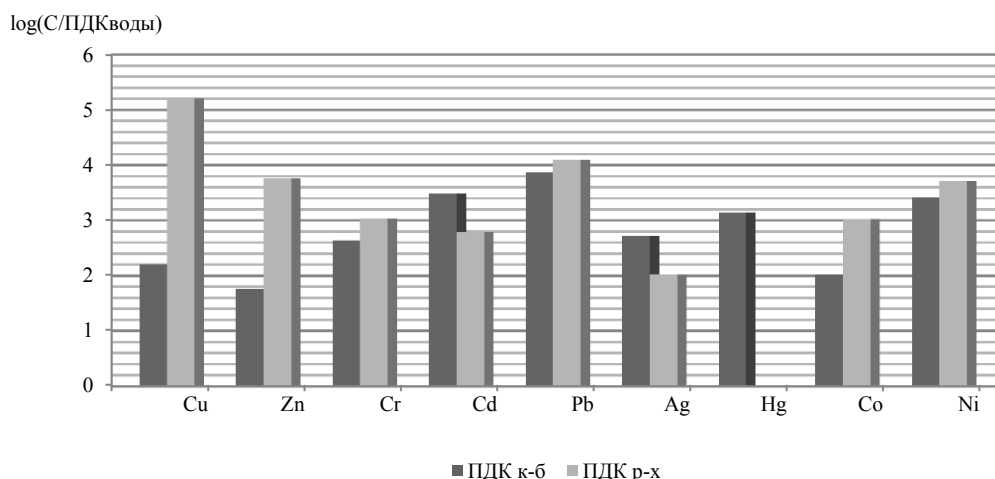


Рис. 2. Отношение концентраций содержания тяжелых металлов к значениям ПДК для водоемов рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования

Наиболее полной в настоящее время представляется биогеохимическая классификация, выполненная по целому ряду параметров, таких, как время жизни, биохимическая активность, токсичность, канцерогенность и т.д., представленная в таблице 3.

Таблица 3. Классификация ТМ по их биогеохимическим свойствам [19]:
В - высокий, У - умеренный и Н - низкий уровень проявления свойства металла

Свойство	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Биохимическая активность	В	В	В	В	В	В	В
Токсичность	В	У	У	В	У	В	У
Канцерогенность	-	В	-	-	В	-	-
Обогащение аэрозолей	В	Н	В	В	Н	В	В
Минеральная форма распространения	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органическая форма распространения	В	В	В	В	В	В	В
Подвижность	В	Н	У	В	Н	В	У
Тенденция к биоконцентрированию	В	В	У	В	В	В	У
Эффективность накопления	В	У	В	В	У	В	В
Комплексообразующая способность	У	Н	В	У	Н	Н	В
Склонность к гидролизу	У	Н	В	У	-	У	В
Растворимость	В	Н	В	В	-	В	В
Время жизни	Н	В	В	Н	-	Н	В

Современная экологическая оценка состояния компонентов окружающей природной среды и территорий основывается на геохимических, геоэкологических коэффициентах и показателях, а степень загрязнения поверхностных, подземных вод, донных отложений, почвенного покрова должна включать геоэкологические критерии (гидрогеохимические, геохимические, геофизические и др.), которые можно подразделить на: прямые критерии оценки воздействия антропогенной нагрузки на экосистему. С их помощью возможно проведение количественной оценки загрязнения компонентов среды по таким видам антропогенного воздействия как: преобразованность территории, техногенная нагрузка, радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственная нагрузка и использования природных ресурсов;

косвенные критерии, ориентированные на оценку воздействия одной среды на смежные среды, с которой они взаимодействуют (например, «поверхностные воды-донные отложения»).

Среди показателей состояния среды хотелось бы выделить биохимические индикационные показатели и почвенные.

Биохимические индикационные показатели основаны на измерениях аномалий в содержании химических веществ, в основном, токсичных и микроэлементов в растениях, воздействие которых приводят к негативным физиологическим и метаболическим нарушениям. Методы биотестирования и биоиндикации позволяют определить интегральную токсичность, обусловленную совокупностью всех присутствующих в пробе токсичных химических веществ и их метаболитов [20, 21]. Биохимические индикационные показатели могут быть направлены на определении как коэффициентов биологического поглощения растениями, так и на регистрации биологических показателей всхожести и темпов роста растений на различной стадии их вегетации.

Почвенные индикационные показатели экологической опасности загрязненных таких абиотических компонентов как почвы и донные отложения, о которых упоминалось выше, могут быть основаны на оценке плодородия почв, уровня засоленности почв, почвенно-эрозионных, уровня токсичности, вторично-антропогенных и других процессов, связанных с деятельностью человека. В качестве показателей уровня экологической опасности, например, загрязненных донных отложений можно использовать данные по токсичности почв, подавление роста и развития высших растений (фитотоксичность), изменение структурно-функционального состояния характерной биоты(гентотоксичность) и т.д.

В этой связи представляет интерес ориентировочная шкала, разработанная в Германии, для оценки степени токсичности грунтов при смешении их с загрязненными донными отложениями в различных пропорциях (таб. 4).

Таблица 4. Классификация грунтов по степени токсичности при смешении их с загрязненными донными отложениями [22]

Коэффициент смешения	Классы токсичности	Уровни загрязнения	
грунт	Нетоксичные	0	Практически незагрязненный
1:2	Практически не токсичные	I	Умеренно загрязненный
1:4	Малотоксичные	II	
1:8	Умеренно токсичные	III	Сильно загрязненный
1:16	Сильно токсичные	IV	
1:32	Высокотоксичные	V	Чрезмерно загрязненного
≤64	Чрезвычайно токсичные	VI	

Эта шкала оценки загрязненности почв была разработана с изучения возможности использования загрязненных донных отложений в целях рекультивации как одного из методов утилизации техногенных донных отложений.

ВЫВОДЫ

В статье проанализированы различные подходы к нормированию качества сред водных объектов и прилегающих территорий, находящихся в условиях влияния урбанизации. На основании сравнительного анализа различных подходов к нормированию сред, можно сделать вывод, что наряду с традиционными подходами санитарно-токсикологической оценки опасности одним из наиболее перспективных подходов для целей нормирования

степени загрязнения различных компонентов среды представляется использование биогеохимических подходов, основанный на изучении миграционных процессов, распределении поллюантов в системе «донные отложения - взвешенное вещество - вода – биота» водного объекта.

При этом следует отметить, что, биологические методы, интегрируя характеристики нагрузки загрязняющих веществ, не всегда указывают на причины возникновения биологических эффектов и должны использоваться наряду с предельно-допустимыми концентрациями [1].

При этом главным преимущество химических методов остается их сравнительно легкая применимость, исследования по широкому спектру химических веществ и в том, что они могут служить основой для различных методов моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теличенко В.И., Курочкина В.А. Методология оценки техногенного загрязнения водных объектов урбанизированных территорий [Электронный ресурс] // Вестник МГСУ .— 2016 .— №6 .— С. 81-90 .— Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/422037>
2. Горелов А.А. Экология [Текст] / А.А.Горелов. М.: ООО «Юрайт-М», 2002. с.7-92.
3. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков [Текст] / К.В.Гришанин. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 211 с.
4. Доброумов Б.М. Преобразование водных ресурсов и режима рек центра ЕТС [Текст] / Б.М.Доброумов, Б.С.Устюжанин. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 220 с.
5. Потапов А.Д. - Экология. Москва: «Высшая школа», 2000.- 445с.
6. Осипов В.И. История экологических кризисов на Земле. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2005. —№ 1. — С. 3-10.
7. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. - М.: Стройиздат, 1977 - 156 с.
8. Лепихин А.П. Проблемы регламентации антропогенных воздействий на водные объекты // Водное хозяйство России. — 2004. - № 4. — Екатеринбург, РосНИИВХ. - С. 318-345.
9. Транин А.А. Охрана окружающей среды: проблемы развития буржуазного права. -М.: Наука, 1987 . - 127 с.
10. Лебедева А.Н., Лаврик О.П. Природоохранное законодательство развитых стран. СибирскоеотделениеГПНТБ. — Новосибирск, 1991. — 360 с.
11. Шустов, С.Б. Химические основы экологии /СБ. Шустов, Л.В. Шустова. - М.: Просвещение, 1995. - 240 с.
12. Лапин, И.А. Влияние гуминовых кислот на поведение тяжелых металлов в эстуариях / И.А. Лапин, В.Н. Красноков // Океанология. - 1986. - Т. 26.-вып. 4.-С. 621-627.
13. Егошина Т.Л., Шихова Л.Н., Лисицина Е.М., Жиряков А.С. Накопление тяжелых металлов в водных экосистемах разной степени загрязненности. // Проблема региональной экологии. 2007. №2, с. 17-23.
14. Аджиенко В.Е. Очистка поверхностных водных объектов от донных отложений: причины заиливания и экономика проблемы // Вода: химия и экология. — 2010. — № 3. — с. 26-36.
15. Богомолова Т.Г., Курочкина В.А. Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и инженерные мероприятия по улучшению их экологического состояния [Текст]// Вестник МГСУ. —2010. — т.2. —№4.— с.399-405.
16. Курочкина В.А.Формирование и экологические свойства русловых отложений в водотоках на урбанизированных территориях. Дис.....канд. технич. наук [Текст]// М.: Московский государственный строительный университет. – 2012. – 181с.
17. Моисеенко Т. И. Оценка экологической опасности в условиях загрязнения вод металлами // Водные ресурсы. - 1999. - Т. 26, № 2. - С. 186-197.
18. Курочкина В.А., Богомолова Т.Г., Киров Б.Л. Антропогенная нагрузка на реки урбанизированных территорий. Вестник МГСУ .— 2016 .— №8 .— С. 100-109
19. Воронов В. В. Мутагенные контаминанты окружающей среды / В. В. Воронов, Р. А. Сидоров // Вестник новых медицинских технологий. - 1999. - № 2. - Т. VI. - С. 134 -142.
20. Извекова Т.В. Биотестовый анализ - интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды. Ивановский государственный химико-технологический университет. 2007. 113с.
21. Пирогова А.А., Зараев В.Ф., Хамьянов Д.Н., Бородин Ю.Г., Перекупка А.Г. Оценка экологического состояния водных объектов на территории Уватского района Тюменской области. Нефтяное хозяйство. 2009. № 4. С. 108-11.
22. WSV-SedimentmanagementTideelbe - Strategien und Potenziale - eineSystemstudie.ÖkologischeAuswirkungen der Umlagerung von WedelerBaggergut. UntersuchungimAuftrag des Wasser- und Schiffahrtsamtes Cuxhaven. //BundesanstaltfürGewässerkunde, Koblenz. —BfG-1584. — 2008. —374pp.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ

Т.Г. Макеева¹, А.В. Аканов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹makeeva13new@yandex.ru,

²maugli-001@mail.ru

Аннотация

В настоящее время во всем Мирове остро стоит вопрос переработки и утилизации отходов. Увеличение площади урбанизированных территорий городских агломераций и развитие процессов, связанных с культурой производства и потребления, приводят к ежегодному увеличению количества образующихся отходов на урбанизированных территориях городских агломераций. Действующих производственных мощностей предприятий по переработке и утилизации отходов, на территории России существенно недостаточно даже на переработку образующихся на сегодняшний день отходов. Особенно эта проблема заметна на урбанизированных территориях крупных городских агломераций таких как моногорода. В связи с этим очевидна необходимость строительства новых комплексов по переработке и утилизации отходов. Однако в Российской Федерации на сегодняшний день нет односложного подхода к размещению объектов по переработки и утилизации отходов. В связи с этим в статье были рассмотрены геоэкологические аспекты размещения комплексов по переработке и утилизации отходов. Проведён анализ существующих подходов для обоснования и выбора площадки строительства объектов по переработки и утилизации отходов. Выявлены основные геоэкологические факторы, влияющие на размещение комплексов по переработке и утилизации отходов. Предложены методические подходы к размещению комплексов по переработке и утилизации отходов, основанных на принципах районирования территорий. Предложенные методические подходы позволят снизить техногенную нагрузку на урбанизированную территорию городских агломераций от комплексов по переработки и утилизации отходов на всем жизненном цикле объекта.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем Мирове остро стоит вопрос переработки и утилизации отходов. Одновременно с увеличением численности населения проживающих на урбанизированных территориях городских агломераций происходит и увеличение их площади. Параллельно с этим происходит развитие процессов, связанных с развитием культуры производства и потребления, которые способствуют ежегодному увеличению количества образующихся отходов на урбанизированных территориях городских агломераций.

Действующих производственных мощностей предприятий по переработке и утилизации отходов, на территории России существенно недостаточно даже на переработку образующихся на сегодняшний день отходов. Так в России за 2017 г. было образовано 6220 млн. т отходов [1]. Доля твердых коммунальных отходов (ТКО) в общем объёме образованных отходов находится на уровне на уровне 1 % (56 млн. т в 2015 г.) при этом на их переработку направляется всего 8,9 % от образованного объёма по данным за 2016 г. [2].

Особенно проблема переработки и утилизации отходов заметна на урбанизированных территориях крупных городских агломераций таких как моногорода. Так ежегодно на территории города Москвы образуются, по разным оценкам, до 7,2 млн. тонн ТКО и около 6,1 млн. тонн промышленных отходов, в то же время переработке подвергается лишь 10% ТКО и около 59% промышленных отходов. Каждый день из столицы вывозится 9,5 тыс. тонн ТКО согласно данным ТАСС [3].

В связи с этим очевидна необходимость увеличения производственных мощностей по переработке и утилизации ТКО по средствам строительства новых высоко эффективных комплексов по переработке и утилизации отходов особенно для обслуживания территорий крупных городских агломераций с высокой степенью урбанизации.

Правительство РФ предпринимает активные меры по модернизации системы обращения с отходами производства и потребления, ведет активную социальную политику в области обращения отходов и финансирует проекты, направленные на создание предприятий по переработке и утилизации отходов. Однако в Российской Федерации на сегодняшний день нет единого подхода к размещению такого рода объектов. Для осуществления правового регулирования в части размещения объектов по переработке и утилизации отходов на территории РФ действует ряд нормативно правовых актов, имеющих ограничительный характер.

Основываясь на вышесказанном, была поставлена научно-техническая задача по разработке методики к размещению комплексов по переработке и утилизации ТКО с целью снижения техногенной нагрузки на урбанизированные территории городских агломераций от строительства и эксплуатации комплексов по переработке и утилизации отходов с точки зрения геоэкологических позиций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено обобщение геоэкологических аспектов размещения комплексов по переработке и утилизации отходов. Проведён анализ существующих подходов для обоснования и выбора площадки строительства объектов по переработке и утилизации отходов. Выявлены основные геоэкологические факторы, влияющие на размещение комплексов по переработке и утилизации отходов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время при выборе площадки строительства комплексов по переработке и утилизации отходов руководствуются следующими основными факторами такими как: нормативно правовые акты РФ, наличие необходимого для размещения объекта землеотвода, экономическая выгода и социальные риски.

Нормативно правовые акты, которые напрямую запрещают размещение подобных объектов на определённых группах территорий. Так, например СанПиН [4] определяет размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) от объектов жилого фонда и ряда других объектов, так же на основании [5] запрещается размещать объекты по утилизации отходов на землях сельскохозяйственного назначения и в природоохранных зонах. Полученные данные об ограничениях были занесены в таблицу 1.

Таблица 1. Ограничения, накладываемые нормативно правовыми актами РФ

№ пп	Ограничения	Значение	функция	Источник (Основание)
1	Расстояние от жилой застройки	1000 м	Max	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03
2	Расстояние от охранных зон	1000 м	Max	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03
3	Расстояние от земель с/х назначения	1000 м	Max	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03
4	Глубина уровня залегания подземных вод	2 м	Max	СП 2.1.7.1038.01.

5	Расположение ниже мест водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения, рыболовных хозяйств	да	Boolean	СП 2.1.7.1038.01.
6	Не затопляемость и неподтапливаемость участка	да	Boolean	СП 2.1.7.1038.01.
7	Отсутствие болот и выхода грунтовых вод на участке	да	Boolean	СП 2.1.7.1038.01.

Далее осуществляется поиск подходящего под вышеуказанные ограничения и ограничения, накладываемые технологическими особенностями комплекса по переработке и утилизации отходов земледелия применительно к местным условиям. Из отобранных территорий, исходя из экономического сравнения вариантов, принимается решение о размещении объекта. Затем для снижения социальных рисков проводится экологическое обоснование размещения объекта. Таким образом, экологическая и геоэкологическая составляющая подобных производств фактически определяется исходя из экономических обоснований, что противоречит правам граждан РФ на благоприятную окружающую среду [6]. Следовательно, необходимо осуществлять размещение объектов по переработке и утилизации отходов с учётом экологических и геоэкологических факторов на уровне с другими особенностями.

Все этапы жизненного цикла комплекса по переработке и утилизации отходов сопровождаются техногенным воздействием на окружающую среду. Основываясь на специфике подобных производств, и их технических, технологических и строительных особенностей можно выделить следующие ключевые факторы геоэкологического риска на разных этапах жизненного цикла комплекса по переработке и утилизации отходов. Так на этапе строительства наибольший риск представляет изменение гидрогеологических условий в месте размещения объекта [7], на этапе эксплуатации выбросы вредных веществ от комплекса в атмосферу, от автотранспорта осуществляющего транспортировку отходов на объект и утилизации золошлаковых остатков, на этапе ликвидации объекта присутствует риск не замещения производственных мощностей и образования строительных отходов от демонтажа строительных конструкций.

На основе анализа Российского и зарубежного опыта в части размещения комплексов по переработки и утилизации отходов и с учётом законодательных ограничений, действующих на территории РФ, предлагается применять методический подход, состоящий из четырёх основных этапов принятия решений.

Первый этап включает в себя определение начальных условий характеризующих планируемую обслуживаемую урбанизированную территорию городских агломераций с точки зрения действующей системы управления отходами. Целью данного этапа служит анализ действующей системы обращения с отходами, определение объёма образования отходов на конкретной территории, определение морфологического состава отходов и других исходных данных.

Второй этап заключается в проведении двухступенчатого районирования территорий, прилегающих к городской агломерации. Целью первой ступени является определение территорий пригодных к размещению объектов по переработки и утилизации отходов, что повторяет классический подход. Для этого проводится ограничительное районирование. Целью второй ступени является уточнение предпочтительных областей внутри территорий пригодных для размещения объектов по переработке и утилизации отходов с позиции геоэкологических и технических факторов.

Третий этап заключается в определении применения наиболее рациональной технологии переработки и утилизации отходов с точки зрения совокупности экологических и экономических факторов.

Четвёртый этап заключается в проведении сравнительной оценки наилучших вариантов размещения объектов по переработки и утилизации отходов.

ВЫВОДЫ

Анализ действующих производственных мощностей предприятий по переработке и утилизации отходов на территории РФ, особенно на территориях крупных городских агломераций с высокой степенью урбанизации, показал низкую степень переработки ТКО и промышленных отходов.

Существующие меры по модернизации системы обращения с отходами производства и потребления являются недостаточными в части требований к размещению объектов по переработке и утилизации ТКО.

Установлены ключевые факторы геоэкологического риска на этапах жизненного цикла комплекса по переработке и утилизации отходов.

Предложен методический подход к размещению комплексов по переработке и утилизации отходов, основанных на принципах районирования территорий состоящий из четырёх основных этапов принятия решений, с позиций экологических, геоэкологических и экономических факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по федеральным округам Российской Федерации за год Федеральная служба по надзору в сфере природопользования// [электронный ресурс] 2018, URL: <http://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-rpnstatf2tpFO> (Дата обращения: 05.11.19)
2. Охрана окружающей среды в России. 2016: Стат. сб./Росстат. 2016. – 95 с. [электронный ресурс] 2018, URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/ohrana_2016.pdf (Дата обращения: 05.11.19)
3. Эксперт: москвичи производят вдвое больше мусора, чем жители других городов России // [электронный ресурс] 2017, URL: <https://tass.ru/moskva/4131356> (Дата обращения: 12.10.20)
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов Российская газета, N 28, 09.02.2008 /Роспотребнадзор, Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов-М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008 год
5. СП 2.1.7.1038-01 Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов Бюллетень нормативных актов федер. органов исполнит. власти, N 33, 13.08.2001 официальное издание, Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов: Санитарные правила.- М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001 год
6. Федеральный закон от 10 января 2002 года №7-ФЗ Об охране окружающей среды (с изменениями на 31 июля 2020 года)
7. Аканов А.В., Макеева Т.Г. Экологические аспекты строительных и технологических решений бункерного отделения на объектах переработки ТКО. Естественные и технические науки. 2019. № 10 (136). С. 229-233.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ТИПОВЫХ СЕРИЙ 1970-Х ГГ.

И.Б. Мельникова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26,
irinport@gmail.com*

Аннотация








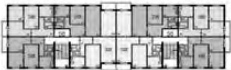





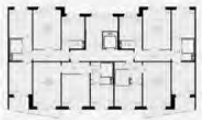
Внешний облик жилых зданий массовой городской застройки 1970-х годов физически и морально устарел, и нуждается в мерах по улучшению своих эстетических качеств. Если в отношении пятиэтажной типовой застройки предусмотрена программа реновации, то для зданий массовой жилой застройки 1970-х гг. высотой в 9-12 этажей подобной программы не предусмотрено. При этом эта застройка имеет широкое распространение практически во всех крупных городах и мегаполисах Российской Федерации и существенно влияет на восприятие городской среды в целом. В представленном материале рассматриваются возможности улучшения облика жилых зданий типовых серий 1970-х гг. до современного уровня восприятия без отселения жителей домов. Затрагивается зарубежный опыт работы по облагораживанию фасадов жилых зданий соответствующего периода строительства. В ряде стран-последователей подобной практики можно выделить Финляндию, Польшу, Чехию, Словению. Особенно интересен опыт Германии. Там реконструкция панельной застройки происходила в широких масштабах. При этом застройка смотрится достаточно современно. Также рассматриваются основные причины ухудшения внешнего вида фасадов жилых зданий этого периода возведения. Проанализированы основные факторы, ухудшающие эстетические характеристики фасадов. Это неконтролируемое остекление летних помещений, сильный износ внешнего фасадного слоя, появление трещин и разрушение швов, хаотичное размещение кондиционеров на фасаде, небрежное отношение к пользованию входной группой в подъездах. Большинство типовых серий 1970-х гг. имеет схожую конструктивную основу: это в основном панельные или блочные сборные здания. Все они имеют определенные закономерности формирования объемно-планировочных решений и фасадных композиций, что позволяет унифицировать и адаптировать возможные методы и приемы их модернизации для применения на разных сериях жилых зданий. При архитектурно-художественном решении модернизации фасадов зданий в квартале важно осуществлять исключительно централизованный подход.

Во второй половине XX века многие страны Европы и бывшего СССР вели активное массовое жилищное строительство по типовым проектам. Такое решение было обусловлено в первую очередь экономическими соображениями: расход материала, типовые изделия и проекты, ускоренные сроки изготовления и возведения. Для быстро растущего городского населения огромное значение имело быстрое массовое строительство жилых домов. Однако к началу нового тысячелетия такая бесконечно повторяемая типовая жилая застройка стала раздражать общество своей безликостью и отсутствием хоть какого-либо локального своеобразия. Застройка 1970-х гг. высотой в 9-12 этажей является важным звеном в формировании городской среды, поскольку она широкого распространена, не рассматривается для сноса (в отличие от пятиэтажной застройки), но при этом ей необходимы профессиональные решения по улучшению фасадов зданий и гармонизации визуальной среды в целом.

Для анализа основных планировочных и композиционных параметров были отобраны основные типовые серии жилых зданий 1970-х годов этажностью от 9 до 12 этажей (Табл.1). Высота этажа зданий типовых серий рассматриваемого периода варьируется от 2,5 до 2,65 м. В зависимости от высоты здания пропорции композиционных элементов и

их отношение к общей площади фасада может искажаться. В связи с чем были выделены типы зданий, не значительно отличающиеся по этажности.

Таблица 1. Основные типовые серии 1970-х годов

Номер серии	Планировка	Фасад
1-515/9ш		
1605/9		
II-18/9		
II-29		
II-49		
II-57		
II-66		
II-68-03		
111-90		

Самое главное в сравнительном анализе общих композиционных закономерностей построения фасадов – это чередование элементов, из которых они состоят. Эти чередующиеся элементы можно условно разделить на следующие группы:

- непосредственно сама повторяющаяся разрезка панелей или блоков;

- повторяющееся чередование однотипных оконных блоков, в том числе закономерное повторение различных типоразмеров блоков в зависимости от планировки;
- метрическое чередование крупных выступающих объемов в виде ризалитов;
- одинаковые ряды вертикально расположенных лоджий и балконов;
- монотонные ряды окон поэтажных лестничных площадок, повторяющихся по вертикали, и бесконечный повтор этих рядов окон на всех секциях протяженного жилого здания.

Значительное влияние на восприятие композиции фасадов, наравне с этажностью, оказывает количество секций в том или ином здании. Касаясь типовой застройки 1970-х годов более распространенными можно считать многосекционные здания. Особенностью многосекционной структуры зданий является их явно выраженная протяженность фасада, что в совокупности с повторяющимися членениями панелей и окон задает горизонтальные композиционные линии. Однако, в некоторых случаях, при ограниченном количестве секций, может быть подчеркнута и вертикальность композиционных элементов фасада за счет размещения вертикально повторяющихся балконов или лоджий, а также явно выраженных вертикальных осевых линий секций в виде цепочки окон подъезда и входных групп. Эти многочисленные простые метрические чередования по фасадам и являются основной причиной монотонности и однообразия фасадных композиций (Рис.1).

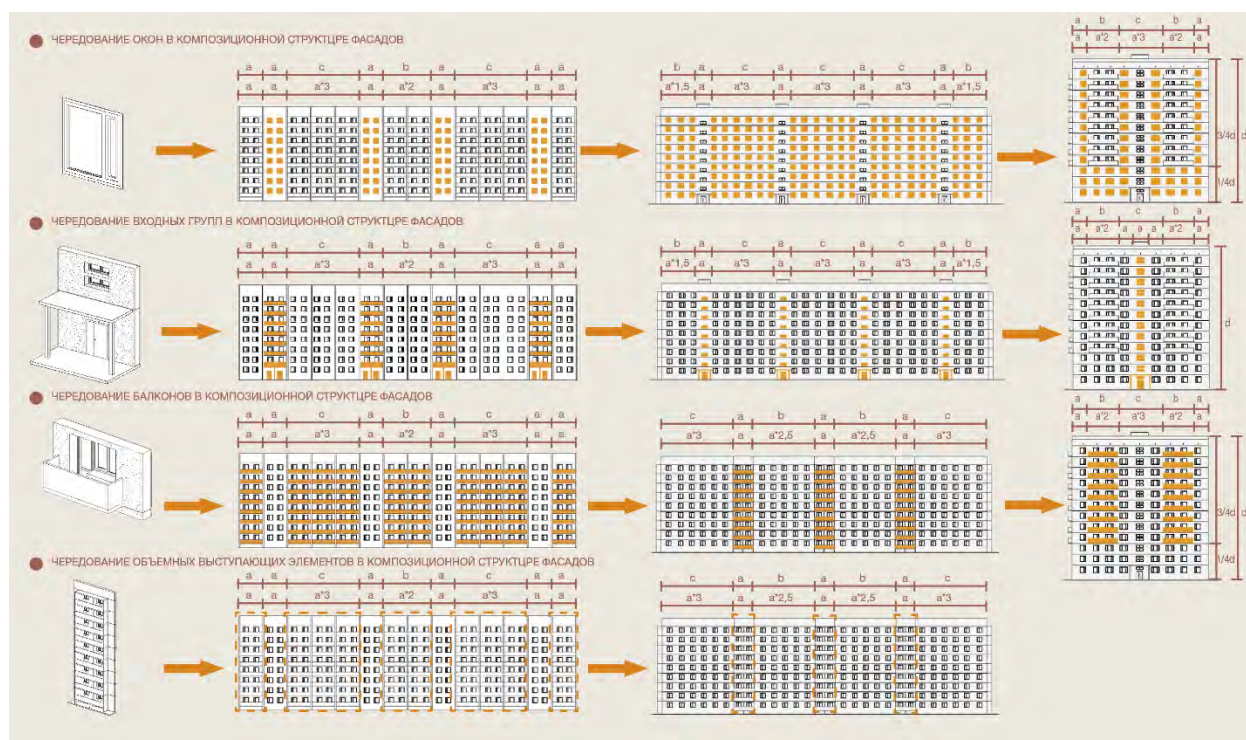


Рис. 1. Чередование основных композиционных элементов фасадов жилых зданий массовой застройки 1970-х годов.

В связи с тем, что все рассматриваемые типовые серии достаточно долго эксплуатируются, то такие факторы, как влияние времени, погодных условий, некачественное обслуживание, произвольное вмешательство жильцов, в значительной степени ухудшают внешний облик зданий. Можно выделить наиболее часто встречающиеся проблемы:

1. Общее обветшание фасадов – ухудшение состояния межпанельных швов, образование набуханий и подтеков, выцветание отделочного слоя.
2. Хаотичное остекление и обшивка балконов и лоджий. Данный фактор напрямую зависит от владельцев каждой квартиры и носит непредсказуемый характер.

3. Выборочная замена оконных блоков на пластиковые стеклопакеты.
4. Хаотичное размещение блоков кондиционеров жильцами на фасадах.
5. Обветшание оконных блоков в местах общего пользования, в основном на лестничных клетках.
6. Обветшание и частичное разрушение входных групп, произвольное устройство различных конструкций – пандусов, поручней и т.д. Все это зачастую производится самими жильцами без учета необходимых требований и норм.

В Европейских странах наблюдается тенденция к сохранению малоэтажной и среднеэтажной застройки. Считается, что именно такая этажность является наиболее комфортной для человека с точки зрения его восприятия и масштабности, а также плотности населения в рамках района. В связи с этим первый опыт реконструкции и улучшения фасадных характеристик возник именно в Европе на основе пятиэтажных зданий. Наиболее известными стали примеры реконструкции жилых зданий в Германии. В частности, в Берлине было полностью модернизировано более половины всех панельных домов. При этом жильцы зданий не были отселены. Дома были не только функционально улучшены за счет утепления перекрытий и технических этажей, замены кровли на крышах, но и получили современный внешний вид за счет утепления фасадов с применением новых облицовочных материалов, а также заменой оконных блоков с применением новых с другим рисунком столярки. С точки зрения гармонизации фасадных композиций данный опыт достаточно важен, так как было задействовано много экспериментальных приемов, таких как:

- уменьшение этажности за счет разборки верхних этажей;
- удаление целых секций и организация отдельно стоящих односекционных зданий;
- устройство приставных конструкций балконов;
- устройство террас и закрытых дворов для жителей первых этажей;
- активное использование ярких колористических решений;
- задействование различных материалов при работе с фасадными элементами.

В ряде стран- последователей подобной практики можно выделить Финляндию, Польшу, Чехию, Словению. Там реконструкция пятиэтажек стала не менее популярной, однако носит менее радикальный характер. Среди наиболее популярных приемов можно выделить: оштукатуривание и покраска фасадов, устройство балконов, там, где они не предполагались по проекту; централизованная замена экранов и остекления там, где балконы существовали; устройство террас для квартир первых этажей, реконструкция входных групп. В России так же предпринимались попытки восстановления жилого фонда 1960-х годов. Опыт реконструкции пятиэтажек заключался в надстройке одного или нескольких мансардных этажей, устройстве внешних конструкций лифтов, остеклении и замене экранов балконов, оштукатуривании и покраске фасадов. Касаемо непосредственно застройки 1970-х гг., в мировой практике насчитывается гораздо меньше примеров реконструкции и модернизации их внешнего облика. Они встречаются как в странах Европы, так и в России, и сводятся к следующим приемам:

1. Оштукатуривание и покраска фасадов;
2. Активное внедрение различных колористических решений;
3. Устройство систем навесных фасадов в различных материалах;
4. Применение суперграфики;
5. Централизованная замена балконных ограждений и устройство остекления;
6. Реконструкция входных групп.

Метод применения светопрозрачных ограждений можно выделить как самый недооцененный, поскольку из-за более высокой стоимости, зачастую его даже не рассматривают. Однако данный прием имеет огромный потенциал с точки зрения работы с композициями фасадов. Именно светопрозрачность материала может позволить добиться интересных эффектов и вывести однотипные фасады зданий массовой застройки

на принципиально другой уровень. В этом приеме есть возможность ввода цвета, различной степени прозрачности стекла, разной фактуры – глянцевого или матового стекла, что позволит как по отдельности, так в комбинации подобных свойств добиваться наиболее интересных эффектов. Отдельной категорией приемов по модернизации фасадов является применение суперграфики на фасадах здания. Подобная практика применяется как в европейских странах, так и в России. Тем не менее назвать ее сильно распространенной нельзя. Это обусловлено индивидуальной разработкой эскиза, так как основой данного метода в основном являются художественно выразительные образы, зачастую имеющие сюжет и собственную композиционную структуру. Индивидуальность образов и является главным преимуществом с точки зрения не только отдельно взятого здания, но и формировании доминант всего района.

Подытожив все рассмотренные приемы улучшения внешнего облика зданий, можно заключить, что при должном системном и централизованном подходе существует достаточное количество приемов, которые позволят модернизировать фасады не только с точки зрения их функциональных характеристик, но и применять их для выстраивания художественно продуманной новой композиционной структуры. Массовая жилая застройка 1970-х г. имеет большой потенциал к дальнейшей эксплуатации. Конструктивная составляющая находится в удовлетворительном состоянии и не имеет оснований для рассмотрения зданий под снос. Этажность зданий является также оптимальной для сохранения подобной застройки. Она позволяет иметь необходимую плотность населения для экономически приемлемого функционирования района и его инфраструктуры, без дополнительной нагрузки на транспортную систему, но при этом не будет иметь негативных факторов, связанных с психологическим восприятием человеком этой застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова И.Б. Принципы формирования композиций фасадов многоэтажных жилых домов, автореферат дис. кандидата архитектуры / ЦНИИЭП жилища, Москва, 1992.- 120с.
2. Мельникова И.Б. Новые средства выразительности многоэтажных многосекционных жилых зданий, ж. Научное обозрение, 2015, № 20, с. 86-89.
3. Жигулина А.Ю., Лазарева Ю.А. Возможности и варианты модернизации жилых домов типовых серий, построенных в СССР во второй половине XX века, сборник статей «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн», 2018, с. 98-102.
4. Коршаков А.В. Панельные дома типовых серий, современное состояние проблемы и пути её решения, ж. Вестник магистратуры, 2018, с. 25-27.
5. Панихин Д.А., Матвеева И.В., Способы реконструкции жилых зданий типовых массовых серий, Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции, 2019, с. 105-109.
6. Маклакова Т.Г. Подлинные и мнимые проблемы архитектурной композиции массовой жилой застройки // Жилищное строительство, 1988. - №1. – с.13-15.
7. Опыт Германии в реконструкции хрущевок // Новые известия [Электронный ресурс] –Режим доступа: <https://newizv.ru/news/city/21-04-2017/opyt-germanii-rekonstruktsiya-hrushevok-v-dva-tri-raza-vygodnee-novostroek>
8. Что делают с пятиэтажками в Европе: реконструкция вместо реновации // Livejournal [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://varlamov.ru/2359727.html>
9. Опыт реконструкции хрущевок в СНГ// The Russian Engineering [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://russianengineering.narod.ru/construction/chruschovki.htm>

СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА АРХИТЕКТУРЫ XXI ВЕКА

Н.Ф. Метленков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, metlenkov@mail.ru

Аннотация

Для эффективного решения актуальных профессиональных проблем, необходимо понимание сути доминирующего вектора проблемного поля архитектуры двадцать первого века. Этот вектор можно определить как стратегическую проблематику, и в частности, как «процессуальную», – проблематику социально-профессиональных условий архитектурного творчества, а именно – свободного творчества, свободного развития и саморазвития, и в учебном процессе, и в профессиональной практике.

Это обусловлено наблюдаемой методологической закономерностью исторической повторяемости, со столетним циклом, активизации в архитектуре и средств творчества, и профессиональной проблематики. В начале каждого века, а точнее в его первой четверти, активизируется экспериментальная процессуальность – процессы обновления архитектурного содержания, в частности категориально-понятийного аппарата: слом устаревшего и одновременно с этим, в формате броуновского движения, выявление и апробация элементов нового аппарата, включая и новый пространственный язык архитектуры. А в конце каждого века, в последней его четверти, активизируется глобальная социальная и профессиональная рефлексия наработанного эмпирического материала и выстраивание концепций, теорий и других мета-языковых каркасов.

В соответствии с обозначенной закономерностью, можно видеть, что и сегодня во всем мире, как и сто лет назад, в период русского авангарда, в архитектуре активно идут многочисленные разносторонние эксперименты: инновационно ориентированные изыскания и нового понятийно-категориального аппарата, и нового пространственного языка.

В свете этого положения, мета-проблематику поисков архитектурных новаций в XXI веке следует рассматривать преимущественно как «экспериментальную», ориентированную на выстраивание учебной и профессиональной практики в формате свободных экспериментов (свободного творчества, свободного развития и саморазвития) и с учетом закономерностей циклической исторической динамики менталитета, что будет способствовать повышению уровня конкурентоспособности отечественной архитектуры и ее субъектов.

ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальное влияние социокультурного менталитета на все стороны жизнедеятельности субъекта, социума, этноса, цивилизации – безусловно [1, 2]. Влияние профессионального менталитета на контент реальной практики тоже имеет основополагающее методологическое значение, что в последние годы стало активно обсуждаться на научных площадках [3]. В этом контексте, менталитет можно рассматривать «стратегическим» средством, центральным вектором проблемного поля архитектурного творчества, который задает направление инновационных поисков и в значительной степени предопределяет эффективность этого процесса. Однако, анализ исследований профессионального архитектурного менталитета показывает, что этому объекту уделяется мало исследовательского внимания, он остается по сути в стороне от широкого потока исследований средств архитектурного творчества [4]. Поэтому, изучение контента менталитета необходимо для выявления качественно новых путей получения инновационных архитектурных результатов, как в проектной, так и в теоретической практике. В конечном счете, это может способствовать качественному росту инновационной результативности процессов архитектурного творчества, а следовательно, и усилению конкурентоспособности отечественной архитектурной сферы на мировом уровне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования профессионального менталитета ведутся как на эмпирическом уровне (это, в основном, лингвистические, педагогические, психологические), так и на теоретическом, преимущественно это – философские или специально-предметные изыскания [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из результатов обобщения исследований контента профессионального менталитета [6] является выделение двух его базовых диалектически взаимодействующих ролей: «прогрессивной» – методологически позитивной, и «регрессивной» – методологически негативной.

В роли методологически прогрессивного средства менталитет, как своеобразная «линза», преломляет видение перспектив сферы деятельности и тем самым ориентирует на поиск проектных и теоретических социо-пространственных инноваций.

В роли методологически регрессивного средства менталитет предстает одним из самых консервативных явлений, которое как «паутина» связывает всю деятельность субъекта, социума, этноса, цивилизации, направляет и настойчиво удерживает их в определенном направлении, причем, даже тогда, когда направление это уже не актуально. Поэтому, далеко не всегда ментальная ситуация сопутствует конкретным креативным целям прорыва из сложившегося категориально-понятийного аппарата и креативного инструментария «коллективного бессознательного» (по К.Г.Юнгу) к «персоналистическим» пространствам инновационных средств.

В связи с этим, понимание бинарного содержания двух ипостасей менталитета и их избирательной актуальности направлено на повышение эффективности процессов архитектурного творчества.

Вторым результатом обобщения исследований контента профессионального менталитета является одна из эмпирически наблюдаемых закономерностей исторической динамики менталитета, поскольку менталитет представляет собой (по Л.Н.Гумилеву) не статическую константу, а динамическую субстанцию. Закономерность эта, период которой составляет сто лет, демонстрирует циклическую историческую повторяемость содержания и методологического инструментария творчества, и профессиональной проблематики,.

В начале каждого века, а точнее в его первой четверти, особо активизируется «субъектность», в частности, «эмпирическая процессуальность», то есть всякого рода «экспериментирование», в процессе которого происходит качественное обновление, прежде всего, деятельностного инструментария архитектуры, и в первую очередь, категориально-понятийного аппарата - слом устаревшего и одновременно с этим, в формате «броуновского» движения, появление элементов нового, включая и новый пространственный язык архитектуры. [7]

В конце каждого века, в последней его четверти, заметно активизируется тоже «субъектность», но в части «теоретической процессуальности», то есть «концептуализация», в процессе которой происходит глобальная социальная и профессиональная рефлексия экспериментально наработанного эмпирического материала и выстраивание концепций, теорий и других метаязыковых каркасов.

Пространство между двумя «субъектными» ареалами – это «объектное» пространство, в котором доминируют средства внедрения и норматизации эмпирически найденных решений. В соответствии с обозначенной закономерностью, можно наблюдать, что и сегодня во всем мире, как и сто лет назад, в период русского авангарда, в архитектуре активно идут многочисленные разносторонние эксперименты: инновационно ориентированные эмпирические изыскания и нового понятийно-категориального аппарата, и нового пространственного языка.

ВЫВОДЫ

В свете обозначенной закономерности, можно отметить, что в архитектуре двадцать первого века из двух ее векторов - «объектного» и «субъектного» – в лидеры актуальности последовательно выходит субъектная проблематика, и главным образом, проблематика условий творчества. Поэтому, мета-проблематикой поисков архитектурных новаций в первой четверти XXI века предстает преимущественно «экспериментальная» проблематика выявления и учета закономерностей динамики контента менталитета, ориентированная на выстраивание учебной и профессиональной практики в формате свободных экспериментов: свободного творчества, свободного развития и саморазвития.

Ценность знания закономерностей динамики контента менталитета значительна как для научных эмпирических и теоретических исследований, так и для образовательных процессов. В обоих случаях эффективность организуемых процессов должна возрастать, что будет способствовать повышению конкурентоспособности отечественной профессиональной сферы и отдельных субъектов архитектуры на мировой арене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леви-Брюль Л. Первобытное мышление. – М.: Атеист, 1930, - 344 с.
2. Додонов Р.А. Теория ментальности: Учение о детерминантах мыслительных автоматизмов / Р. А. Додонов. – Запорожье, 1999. – 355с.
3. Попова Е.А., Зелинская Е.В., Толмачева Н.А. О возможностях развития профессионального менталитета в условиях дополнительного образования // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 3-3. – С. 620-623.
4. Вержбицкий Ж.М. Архитектурная культура: искусство архитектуры как средство гуманизации «второй природы». - СПб.: Издательский Дом "АРДИС", 2010. - 136 с.
5. Богданова А.А. Методологические основы исследования менталитета и механизмов его трансформации в образовательном процессе вуза // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014, № 5.
6. Баканов А.С. Профессиональный менталитет как фактор эффективности принятия решений в профессиональной деятельности // *Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда*. 2019. Т. 4. № 3. С. 77-93.
7. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения.— М., 2004.-304с. ISBN 5-7695-2398-0
8. Метленков Н.Ф. Парадигмальная динамика архитектурного метода. М.: АСРОС, 2018, - 428 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО ПРИ РЕОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Б.Э. Назиров¹, В.О. Чулков²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹turluttu-2011@mail.ru

²vitolch@gmail.com

Аннотация

Целью данной работы является решение задачи о разбиения территории города или любого существующего населенного пункта или его части на зоны методом разбиения Вороного. Эти зоны будут обслуживать школы, детские сады, почтовые отделения и другие сервисные организации. Такое разбиение позволяет делать определенные выводы относительно реконструкции или перепланировки городских кварталов и районов. Этот метод можно применять при планировании новых районов застройки. Проектируя кварталы, наиболее выгодно и целесообразно с помощью разбиения Вороного оценивать пешеходную доступность указанных выше сервисных служб и проектировать улично-дорожную сеть условно-автономной городской территории. Диаграмма Вороного является методом, согласно которому, имея в плоскости определенное количество точек и их расположение, можно выполнить оптимальное разбиение этой плоскости на зоны. В центре каждой из них находится одна из заданных точек. А расстояние от любой точки, находящейся в зоне до заданной точки в центре зоны меньше, чем в любой из других заданных точек. На сегодня подобные диаграммы применяются декораторы для создания элементов мозаичного декора путем вывода определенного количества точек со случайным их расположением. Примеров применения этого метода при проектировании или реконструкции территорий до настоящего времени обнаружено не было. В статье проведен обзор существующих алгоритмов разбиения Вороного. На основании проведенного анализа сделано заключение об эффективности и возможности применения диаграммы Вороного для решения практически значимых задач реновации городских территорий.

ВВЕДЕНИЕ

Диаграмма Вороного - инструмент параметрического проектирования, который может быть использован в пространственном и городском планировании. На данный момент широко используется во многих областях таких как астрономия, археология, биология, картография, химия, вычислительная геометрия, экология, лесоводство, география, геология, маркетинг, метеорология, физика, статистика. Диаграмма Вороного конечного множества точек S на плоскости представляет такое разбиение плоскости, при котором каждая область этого разбиения образует множество точек, более близких к одному из элементов множества S , чем к любому другому элементу множества [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разбиение Вороного для заданного набора точек на плоскости - это разбиение плоскости на ячейки Вороного, соответствующие конкретной точке данного набора. Ячейка Вороного - геометрическое место точек плоскости, наиболее близких к точке из данного набора [2].

Диаграмма Вороного делит пространство на области в соответствии с заданными точками. Регионы создают путем связывания каждой точки с ближайшими точками. Эти точки определяются как ячейки Вороного. Диаграмма Вороного состоит из ячейки Вороного, пространства Вороного, которое окружает ячейку вороного, вершины Вороного и пены вороного [3].

Существует несколько алгоритмов разбиения диаграммы Вороного:

Инкрементальный алгоритм

Диаграмма строится инкрементально. Предположим, что мы уже имеем диаграмму Вороного, построенную для N точек. Для добавления точки P_{N+1} в диаграмму нам необходимо выполнить следующие шаги, изображенные на (рис. 1).

Среди ячеек Вороного, которые мы уже построили, найти ту, в которую входит точка P_{N+1} . Пусть эта ячейка соответствует точке P_i .

Провести серединный перпендикуляр для точек P_{N+1} и P_i . Построенный серединный перпендикуляр пересечет границу ячейки, соответствующую точке P_i , которая также является границей другой ячейки, соответствующей, например, точке P_k . Далее будем строить серединный перпендикуляр между P_{N+1} и P_k и т.д.

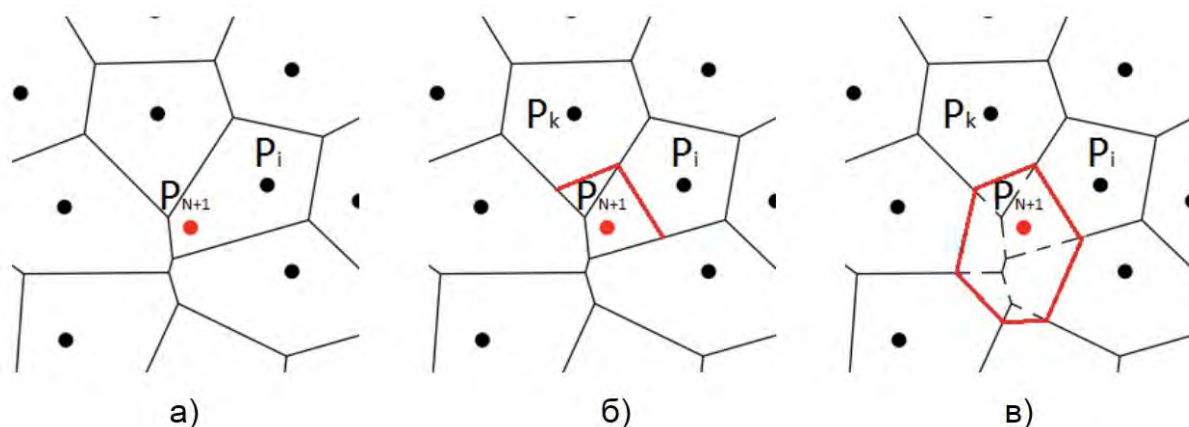


Рис.1. Построение диаграммы Вороного инкрементальным алгоритмом:
(а) первый шаг алгоритма; (б) второй шаг алгоритма; (в) последний шаг алгоритма.

Алгоритм Форчуна

При реализации данного алгоритма диаграмма Вороного представляется в виде графа. Идея алгоритма следующая: имеется набор из N точек на плоскости и некоторая заметающая прямая — прямая, которая движется, например, сверху вниз. Точки из исходного набора при таком движении заметающей прямой в какие-то моменты могут оказаться лежащими на этой прямой. В таком случае строится парабола, для которой вводятся контрольные точки — точки пересечения данной параболы с уже существующими параболой. Затем вместе с движением заметающей прямой парабола расширяется и контрольные точки сдвигаются. Кривая, образованная дугами, заключенными между контрольными точками построенных парабол, называется «береговой линией».

Введем понятия «событие-точка» и «событие-круг».

«Событие-точка» возникает при движении заметающей прямой, когда какая-то точка из набора оказывается принадлежащей этой прямой. Когда происходит событие этого типа, необходимо построить новую параболу, фокусом которой является точка из набора, которая оказалась на заметающей прямой, а директрисой — заметающая прямая. В момент, когда заметающая прямая проходит через точку множества, парабола, соответствующая этой точке и заметающей прямой, представляет собой луч, выходящий из этой точки и направленный в сторону «береговой линии». При дальнейшем движении заметающей прямой ветви параболы расширяются и появляется пара контрольных точек. Во время формирования «события-точки» необходимо перестроить «береговую линию», добавив туда дугу, образованную параболой, построенной для новой точки. Поэтому для данной точки необходимо определить соответствующую дугу «береговой линии», которая затем будет разделена на две путем

вставки бесконечно малой дуги в точку пересечения луча, исходящего из точки, и «береговой линии». При дальнейшем движении заметающей прямой эта дуга будет расширяться до тех пор, пока не соединится с другими ребрами диаграммы. На (рис. 2) показано движение заметающей прямой, следствием которого является возникновение «события-точки».

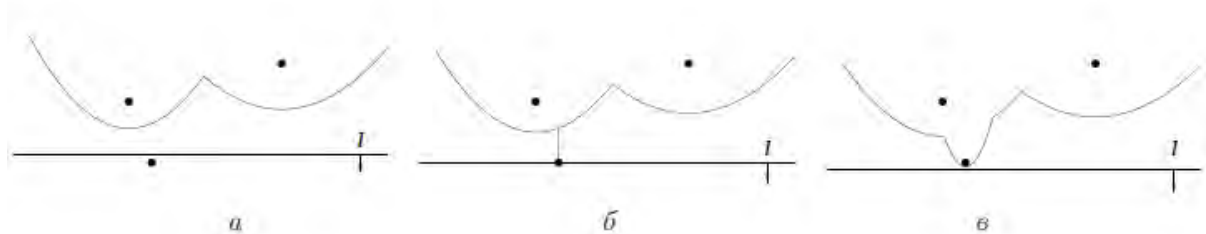


Рис. 2. Возникновение «события-точки»: (а) прямая l не достигла точки исходного набора; (б) прямая l достигла точки исходного набора, дуга «береговой линии» разделилась на две части бесконечно малой дугой; (в) прямая l пересекает точку исходного набора, дуга на «береговой линии» расширяется [4]

«Событие-круг» — это возникновение новой ячейки Вороного. Событие такого типа создается при «схлопывании» дуг «береговой линии», что генерируется динамически в процессе выполнения работы алгоритма. При формировании данного события возникает удаление дуги из «береговой линии», процесс которого изображен на (рис. 3).

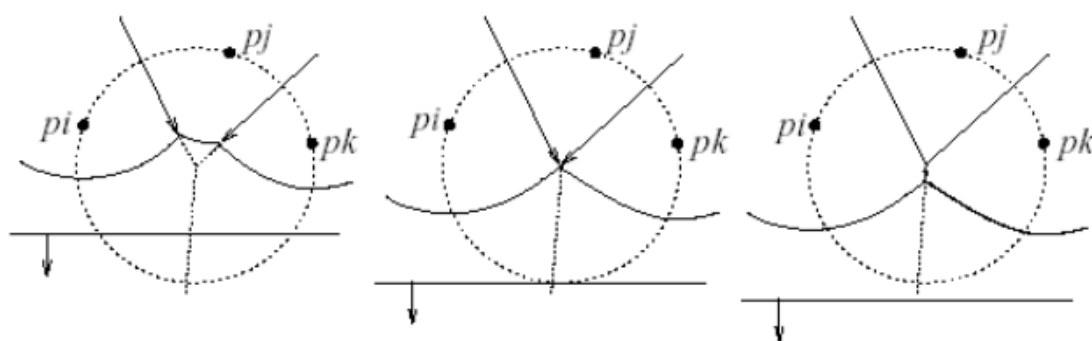


Рис. 3. Возникновение «события-круг», [4]

Важным свойством диаграммы Вороного является ее двойственность к триангуляции Делоне. Для того чтобы получить триангуляцию Делоне, необходимо соединить отрезками все пары точек, многоугольники Вороного которых имеют общее ребро [6].

В 1987 году Стивен Фортун [7] на основе метода “sweep line” (метод заметающей плоскости) предложил алгоритм для вычисления диаграммы Вороного, временная сложность которого составляет $O(n \log n)$. Данный метод быстрый по скорости работы и относительно простой в реализации.

Также диаграмму Вороного можно построить, используя программные продукты, такие, как: MATLAB (рис.4), Rhinoceros (рис.5), Grasshopper и др.

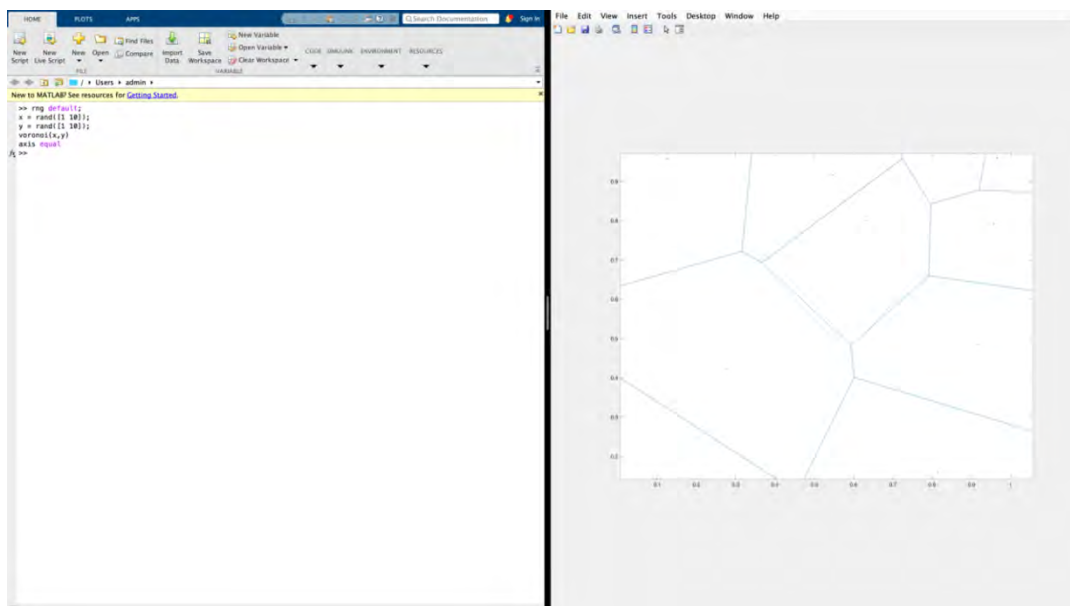


Рис. 4. Пример построение диаграммы Вороного в программе MATLAB

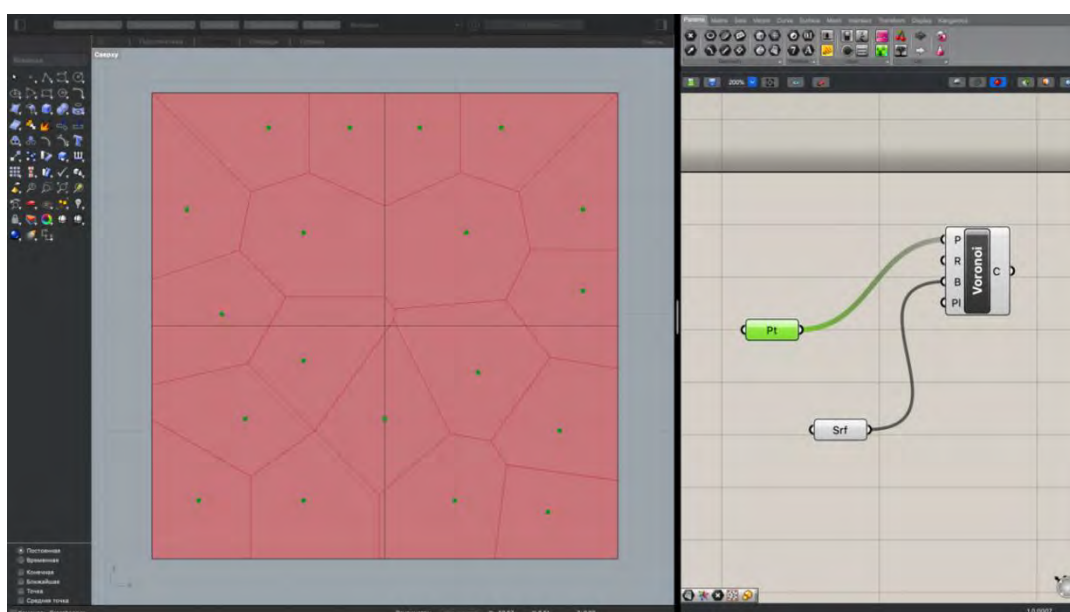


Рис. 5. Пример построение диаграммы Вороного в программе Rhinoceros

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При реновации это может быть оценка привлекательности жилья. Необходимо составить базу «положительных» объектов (магазины, школы, садики, больницы, транспортные развязки, парки) и «отрицательных объектов» (заводы, фабрики, стройки, оживленные трассы, отстойники и т.д.). Построив зоны влияния «положительных» и «отрицательных» объектов, рассчитав пересечения этих зон и степень их влияния, можно вывести некоторую оценку привлекательности жилья.

Благодаря диаграмме Вороного создана функциональную сеть района с распределением аттрактивных точек - "точек притяжения" для местных жителей. Это позволяет построить различные маршруты (с учётом транспортной и пешеходной доступности) для каждой социально-демографической группы населения. Векторы движения связываются с станциями метро, общественными пространствами, бытовыми учреждениями, различными заведениями и другими местами, представляющими интерес для жителей.

Основная образующая линия района повторяет русло реки Черёмха, протекавшей в этой местности столетия тому назад. По берегам древней реки создаются кварталы,

распределённые по функциональному значению, "осью" которых становится рекреационная зона. Активный рельеф "реки" повторяет геоморфологию Теплостанской возвышенности, на подъёме которой располагается район Черёмушки.

Среди инфраструктурных объектов в квартале образуются новые элементы, которых ранее здесь не было - коворкинг, парковые зоны, скейтпарк, культурный центр. Существующие объекты расширены исходя из требуемых критериев - к примеру, новая школа и дошкольные учреждения.

Этот проект кардинально меняет представление о классическом московском спальном квартале, превращая его в место притяжения для жителей соседних районов не только из-за его транспортного значения и расположения здесь двух станций метро, но и благодаря созданию точек притяжения в сфере услуг, бизнеса, культуры и искусства (рис. 6).

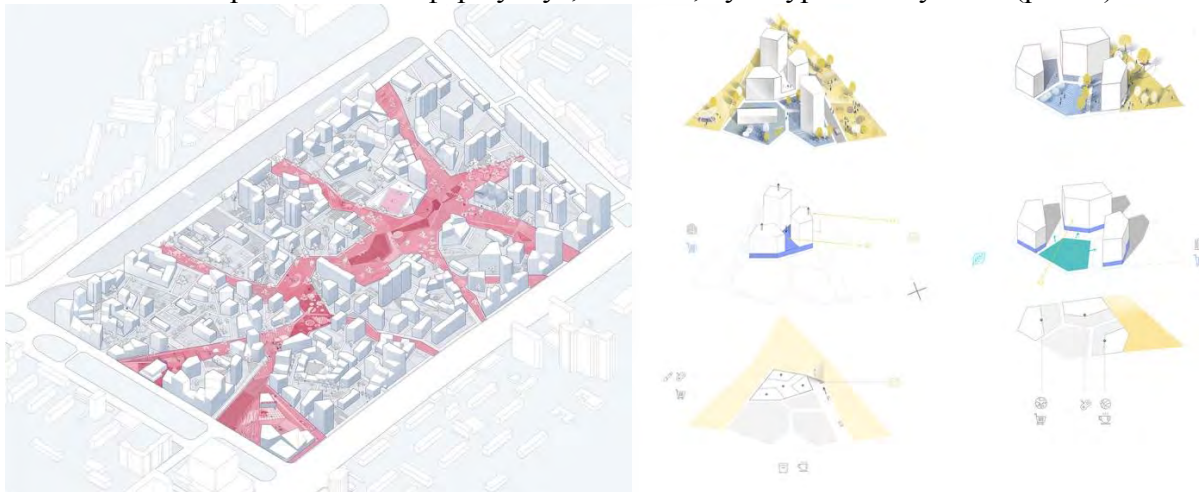


Рис. 6. Концепция реновации квартала [5]

ВЫВОДЫ

Диаграмма Вороного рассматривается как инструмент параметрического проектирования, который в последние годы часто используется архитекторами и градостроителями. Диаграмма Вороного обеспечивают гибкую возможность для размещения пространства, несмотря на то, что они происходят как случайные.

Таким образом, метод диаграммы Вороного может быть применена для решения практически значимых задач реновации условно-автономных городских территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диаграммы Вороного для аэропортов и столиц. — <https://habr.com/ru/post/383705/> (дата обращения: 08.10.2020).
2. Malinauskas K.K. Dynamic construction of abstract Voronoi diagrams, *Fundamentalnaya i prikladnaya matematika*, vol. 13. — 2007. — С. 133—146.
3. Jongjin Park, Seoungyeul Ji, Eonyong Kim, Hanjong Jun, The Application of Voronoi Diagram into the Space Planning for Urban Design, *The 7th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (ISAIA 2008)*, С.524—528
4. Диаграмма Вороного и её применения.— URL: [https:// habrahabr.ru/post/309252/](https://habrahabr.ru/post/309252/) (дата обращения: 08.10.2020).
5. Концепция реновации квартала 20-21 района «Черёмушки». — URL: http://totalarch.com/renovation_of_cheryomushki/3/2 (дата обращения: 10.10.2020).
6. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Томск. у-та, 2002. 128 с.
7. Fortune S.J. A sweepline algorithm for Voronoi diagrams // *J. Algorithmica*. 1987. N 2. С. 153—174.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УРБАНИЗАЦИИ В КОНТУРЕ КАНАЛОВ ГОРОДА ХОШИМИН (НА ПРИМЕРЕ КАНАЛОВ: ОНГ ЛАН И ХИЕП АН)

В.М. Нгуен¹, Е.Ю. Зайкова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹mikenguyen@mail.ru

²lena_landscape21@mail.ru

Аннотация

Уплотнение контура рек и каналов – серьезная проблема в Хошимине сегодня. Это влияет на красоту города, снижает качество жизни людей, загрязняет водную среду, вызывает экологический дисбаланс вдоль рек и каналов. Особенно остро процессы урбанизации и изменения климата через сложившуюся структуру каналов снижают временную емкость для хранения объема дождевой воды и дренажную способность города. Это оказывает прямое влияние на повышение риска стихийных наводнений в городе Хошимин. Средствами теоретического моделирования необходимо стремиться внести научный вклад в поиск решений по развитию территорий вдоль каналов в устойчивом направлении. Статья основана на анализе и оценке типологии застройки, уплотнения контура каналов, поиска резервных территорий в контуре жилья, чтобы оценить риски и определить стратегии развития территорий вдоль водных акваторий города Хошимин на примере навалов Онг Лан и Хиеп Ан.

Ключевые слова: город Хошимин, уплотнение каналов, наводнение, технологическая реновация со сносом, сине-зеленые технологии

ВВЕДЕНИЕ:

Город Хошимин расположен в районе дельты реки Донг Най - Сайгон. Это территория с плоской и ровной равнинной поверхностью (рис. 1), (Vu Tuong Thuy, 2018), разделенная густой сетью рек и каналов (рис. 2). Речная система Хошимина имеет общую длину около 7955 км, а площадь водной поверхности составляет около 16% от площади суши города, что эквивалентно 35192 га (Lê Văn Năm, 2019).

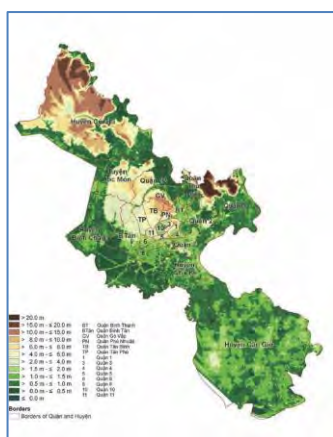


Рис. 1. Топографическая карта г. Хошимина

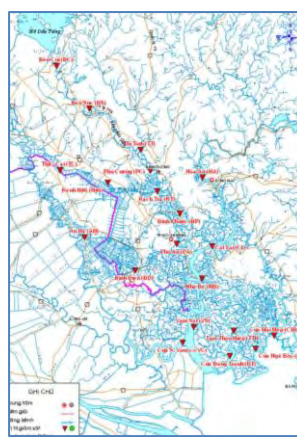


Рис. 2. Карта речной системы г. Хошимина

Поэтому реки и каналы играют важную роль в Хошимине, особенно с точки зрения наводнений (Givental, 2017). Благодаря естественной системе рек и каналов, ливневые и приливные воды могут отводиться из центральных районов.

Однако, из-за давних привычек и обычаев людей, а также из-за отсутствия регулирования процессов строительства и заселения со стороны городских властей происходит несанкционированная застройка в береговой части рек и каналов Хошимина. Все эти тенденции урбанизации постепенно формировали контур воды и увеличивали экологические проблемы территории (рис. 3) (Nguyen Hong Quan, 2019). Кроме того, темпы урбанизации в последние годы всегда были на высоком уровне, темпы роста городского населения города составляли в среднем 2,15% в год (Niên giám thống kê thành phố Hồ Chí Minh, 2015) (Niên giám thống kê thành phố Hồ Chí Minh, 2018), что приводило к увеличению традиционного спроса на жизнь у реки. Из-за этого посягательства на берега рек и каналов становятся более серьезными и проблемы наводнения и загрязнения города.

Уплотнение в контуре каналов не только увеличивает риск наводнения, но также снижает качество жизни людей, отрицательно сказывается на городском ландшафте, загрязняет окружающую среду и ухудшает экосистемы вдоль рек и каналов. Кроме того, общины вдоль рек и каналов также подвергаются значительному ущербу при наводнениях (Mook Bangalore, 2019).

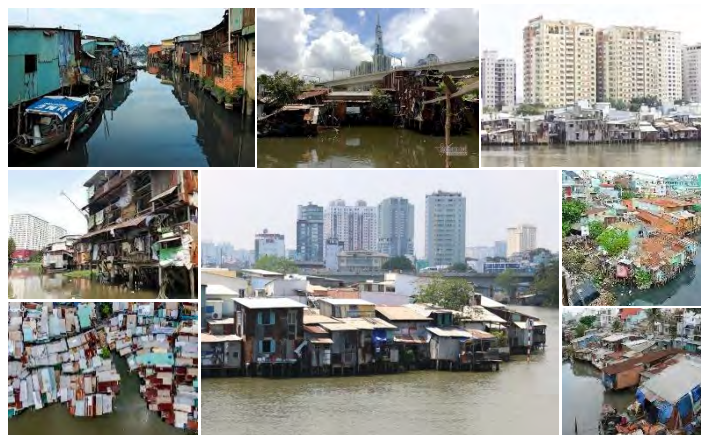


Рис. 3. Примеры уплотнения на каналах города Хошимин

Следовательно, необходимы решения проблем уплотнения в контуре рек и каналов, способствующие снижению риска наводнений, улучшению ландшафта города, который бы способствовал аккумуляции части воды без снижения качества природной среды, а также снижению загрязнения окружающей среды и повышению качества жизни людей в новом социо-культурном сценарии общественных пространств. В процессе поиска решения проблемы нарушения канала очень важную роль играет поиск причины и анализ текущей ситуации нарушения устойчивости экосистемы и социальной жизни людей на воде.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель данной статьи - оценить текущий статус посягательств и потенциал разуплотнения территории вдоль канала в городе Хошимине.

Задачи исследования - анализ текущей ситуации с нарушением канала в Хошимине на примере каналов Онг Лан и канал Хиеп Ан.

Выявление критериев классификации застройки уплотнения в контуре каналов.

- Анализ влияния застройки уплотнения на повышенный риск наводнений в городе;
- Оценка осуществимости вариантов разуплотнения каналов и их эффективности на наводнение города Хошимин.

Метод наблюдения за фактическими снимками, спутниковыми снимками применяется с целью выявления зон вторжения и классификации типов уплотненных жилых застроек. Методы моделирования конструкций вдоль каналов используются для демонстрации моделей уплотнения, характеристик моделей уплотнения, их воздействия на каналы и риска наводнений.

Границей исследования является территория на берегу каналов Онг Лан и Хиеп Ан, место расположения двух каналов исследования показано на рисунке 4.

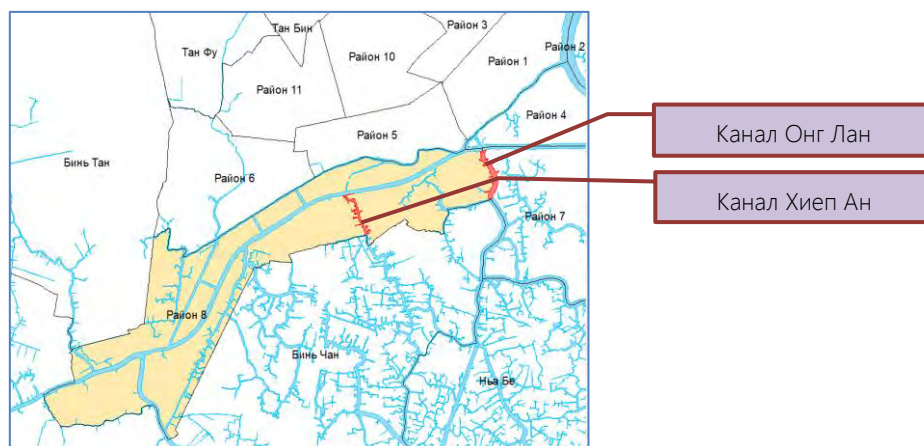


Рис. 4. Место расположения каналов исследования

Два выбранных канала расположены в системе главных дренажных каналов Района 8, Хошимин. Район 8 - это пограничный район между центральными районами и пригородными районами, где происходит быстрая урбанизация, с высокой концентрацией населения, а также это район, имеющий наиболее уплотненные застройки в контуре каналов (An Thi Ngoc Dang, 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Путем оценки текущего состояния двух каналов в районе 8 г. Хошимина установлено, что каналы подвергаются серьезному уплотнению. По сравнению с картой градостроительства г. Хошимина до 2025 года и района 8, ситуация уплотнения в контуре канала Онг Лан и канала Хиеп Ан показана на рисунке 2. Наблюдая за рисунком 2, легко увидеть, что коридор защиты канала почти полностью занят домами вдоль воды. Кроме того, большая часть водной поверхности была покрыта домами.



А)



Б)

Застройки на водоохраной зоне Застроек, выходящие на поверхность воды

Рис. 5. Ситуация уплотнения вдоль канала Онг Лан (а) и канала Хьеп Ан (б)

Причина такой ситуации связана с плотностью населения округа 8. По данным Главного статистического управления Вьетнама, плотность населения района 8 в 2018 году очень высокая (около 22240 человек / км²). Даже приведенная выше данная не является полной статистикой, поскольку в районе 8 проживает много людей, которые еще не зарегистрировались. Высокая плотность населения в сочетании с ограниченным жилым фондом вызвала уплотнение канала, существовавшее в районе 8 в и в Хошимине в течение многих лет.

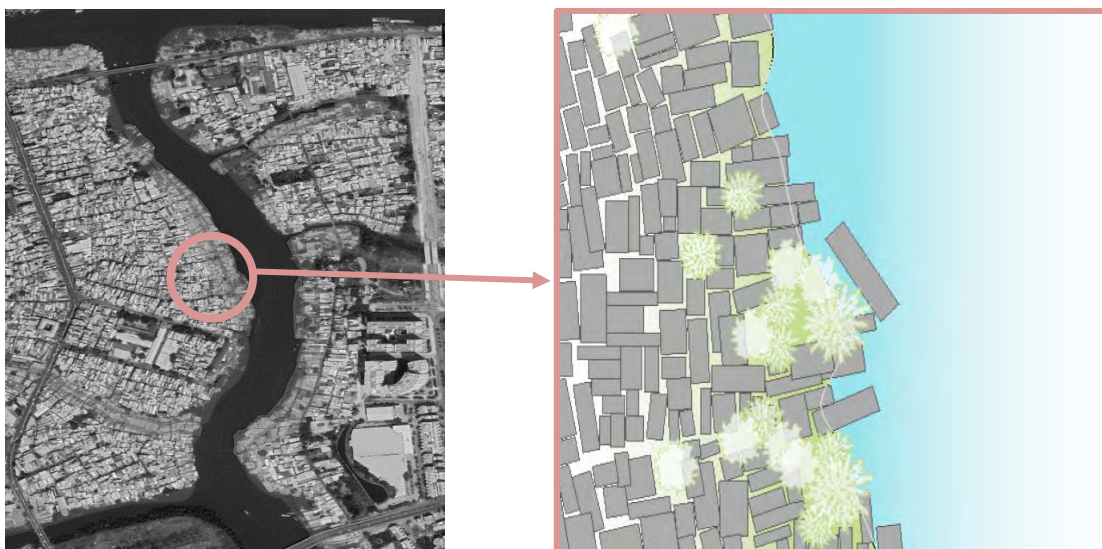
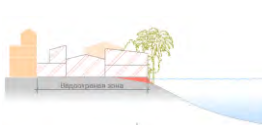







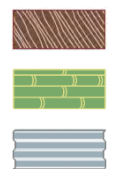







Рис. 6. Фрагмент уплотнения в контуре канала Онг Лан

Для того, чтобы конкретно оценить влияние вторжения канала на затопление города, необходимы анализ и классификация типов вторжения. Типы уплотненных застроек классифицируются в зависимости от их местоположения и площади уплотнения. С помощью метода наблюдения реальных изображений и спутниковых снимков можно разделить уплотненные застройки жилья на 3 типа, смоделированные и представленные в таблице 1.

Таблица 1. Классификация типов уплотненных застроек в контуре каналов г. Хошимин

№	Разрез	Изображение	Материал	Капитальность строения	Уменьшение дренажной способности канала	Компенсация за переселение	Увеличение скорости поперх. потока	Повышение риска наводнение
1	 Застроенный береговой контур	 Плотная застройка берега						
2	 Застроенный ближний контур воды	 Свайная застройка контура						

3	 <p>Застройка с уплотнением на воде</p>	 <p>Пантонные дома</p>						
---	--	---	---	---	---	---	---	---

Тип 1: Застроенный ближний контур (рис. 7). Жилье строится на участке земли, частично выровненном в канале (намывные технологии). Дома этого типа часто строят из кирпича и бетона, с высокой прочностью. Этот тип дома сужает часть канала, закрывает выход дренажных труб к каналам, уменьшая дренажную способность канала и дренажной системы местности в целом. Кроме того, дома, построенные очень близко друг к другу, также предотвращают сток из городской зоны в реки и каналы, тем самым увеличивая риск затопления.

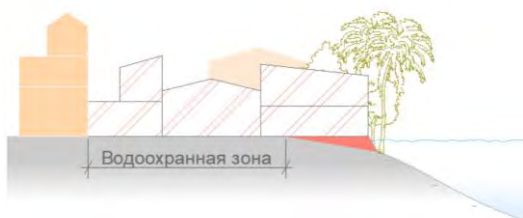


Рис. 7. Застройка первого типа на разрезе и плане

Тип 2: Уплотнение застройки контуры воды (рис. 8). Дома на деревянных или бетонных сваях обычно соединяются с домами первого типа, являющиеся продолжением дома первого типа. Эта типовая застройка может быть построена частично на земле, а частично над водой или полностью над поверхностью воды. Следовательно, степень сужения канала у этого типа дома меньше, чем у первого типа, и скорость, которая увеличивает поверхностную скорость потока в этом типе дома, также ниже. Однако скопление мусора и заносных рукавов в реках и каналах свай затрудняло дренажный поток. Тем самым увеличивается риск затопления.



Рис. 8. Застройка второго типа на разрезе и на плане

Тип 3. Дома на плавучих плотках (понтонках) (рис. 9). Строительные материалы этого типа дома в основном дерево и бамбук. Крыша обычно делается из дерева или тонкого профнастила. Из-за небольшого количества домов, которые не строятся постоянно в одном месте, этот тип жилья имеет очень низкое влияние на риск наводнения.

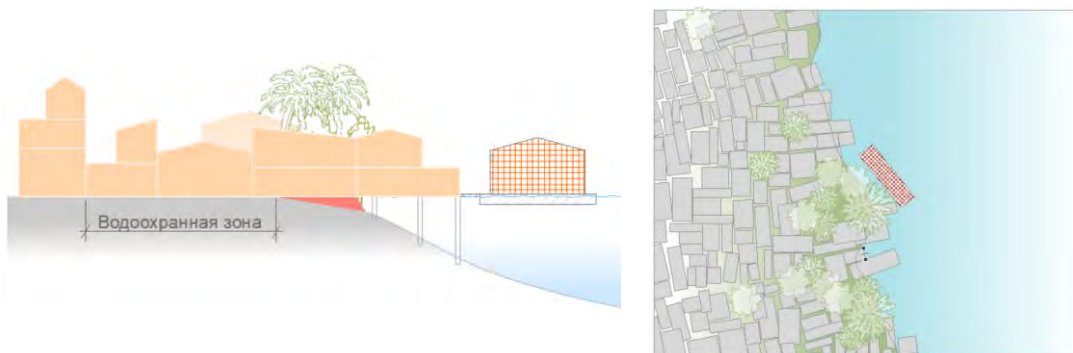


Рис. 9. Застройка третьего типа на разрезе и плане

В дополнение к вышеупомянутым основным типам застройки в контуре каналов также представляют собой комбинацию двух или трех различных типов, вызывающих совокупные воздействия на каналы и прибрежные территории, показаны на рисунке 10.

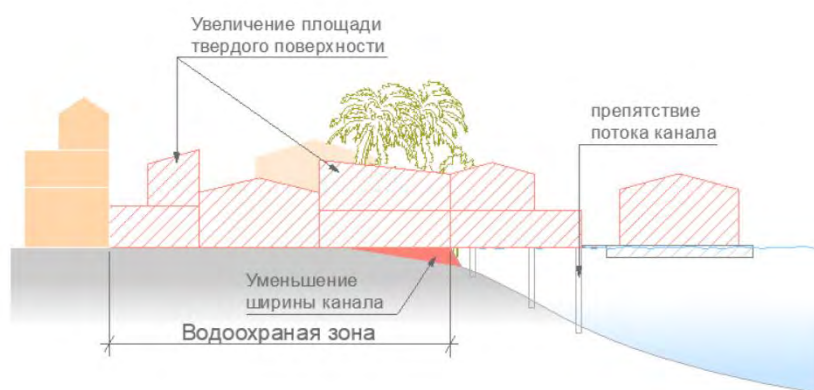


Рис. 10. Влияние застройки уплотнения на повышение риска затопления

С помощью приведенного выше анализа были в целом оценены характеристики уплотнения застройки на каналы в береговой зоне, в ближнем контуре и на воде, и их влияние на ситуацию с наводнениями в городе. Чтобы снизить риск затопления в городе, особенно необходимо разуплотнение каналов, эффективность этого процесса зависит от площади разуплотнения, которая показана на рисунке 11.

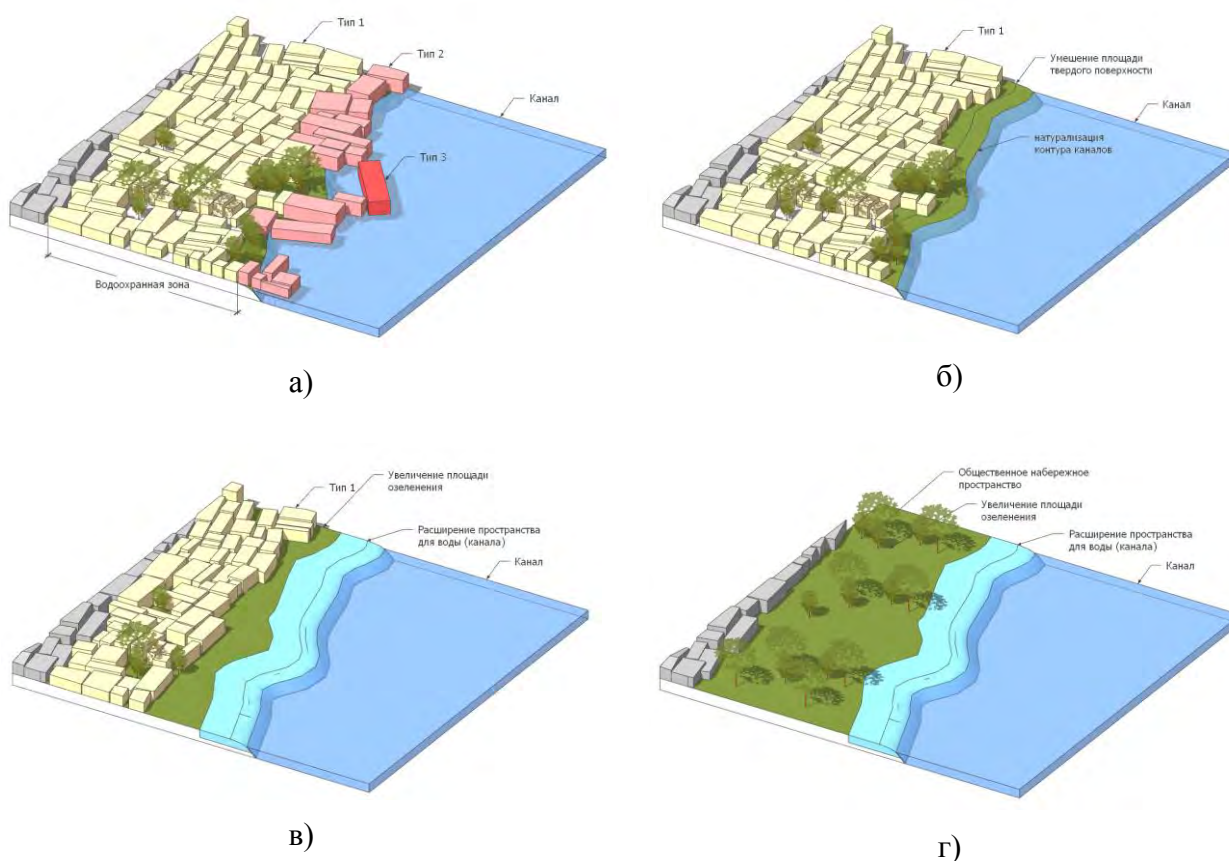


Рис. 11. Типология разуплотнения территорий вдоль канала

а) ситуация уплотнения в контуре канала, б разуплотнение домов второго и третьего типа в) разуплотнение части домов первого типа, г) разуплотнение плотности домов в контуре канала.

Дома второго и третьего типа из-за малой прочности и небольшой стоимости компенсации следует разуплотнять в первую очередь. С удалением домов на канале и части берега канал будет расширен, также будут удалены бамбуковые шесты и деревянные сваи, блокирующие поток воды. Эффективность этого процесса очистки в основном демонстрируется увеличением дренажной способности каналов.

Дома относятся к первому типу из-за большой прочности и высоких компенсационных затрат, которые можно рассматривать как частичное, так и полное разуплотнение. В плане частичной разуплотнения приоритет отдается расчистке территории, прилегающей к каналам, в первую очередь для восстановления естественного берега реки и создания благоприятных условий для дренажа канала и восстановления компенсационного озеленения общественных пространств, когда станет возможным и прогнозирование нового социокультурного сценария жизни населения рядом и на воде. Чтобы снизить риск наводнений в городе, можно применить сочетание современных мер для увеличения временного водохранилища, такого как зеленые крыши, частичное понижение берега реки, чтобы освободить больше места для транспортирования и хранения воды.

Разуплотнение всех застроек в контуре каналов по типу «реновация со сносом» [10] и возвращение всей территории водоохранной зоны создаст общественные пространства, увеличит зеленые насаждения, которые увеличивают временные водохранилища [9] для части объема воды, улучшают уровень грунтовых вод, снижают риски наводнений и улучшают речные экосистемы. Кроме того, предлагается построить прибрежные парки наряду с мерами по сокращению наводнений и улучшением водной среды и прибрежных

экосистем, таких как: проект парка Бишан (Сингапур), парк Хоутан (Китай), Южный прибрежный парк Хантерс-Пойнт (США).

ВЫВОД

Разуплотнение жилой застройки в контуре каналов в Хошимине является значительной и серьезной проблемой на современном этапе урбанизации во Вьетнаме. Как было представлено в данном исследовании, основные проблемы выявлены вдоль берегов каналов на примере Онг Лан канал Хиеп Ан, где территории в основном заняты домами разного типа. Уплотненную застройку вдоль каналов можно разделить на три основных типа в зависимости от степени расположения построек на воде и в контуре береговой территории. Каждый тип дома имеет характеристики и степень воздействия на каналы, изучены риски наводнения. Важно понимать эти характеристики в процессе поиска решений проблемы уплотнения каналов и наводнения как в городе Хошимин, так и при похожих ситуациях во Вьетнаме в целом.

Разуплотнение каждого типа застройки создаст больше места для канала, уменьшит площадь твердого покрытия, увеличит зеленую территорию, облегчит организацию общественных мест на берегу реки, тем самым снизив риск наводнения, улучшение городской красоты в прибрежных районах каналов, улучшение экосистем рек и каналов. Исследование процессов разуплотнения жилой застройки может быть использовано в качестве предпосылки для проектов по развитию территорий вдоль рек и каналов города Хошимин. Теоретический метод, представленный в этой статье, развивает модель «технологической реновации со сносом» с использованием сине-зеленых технологий для активизации социокультурной жизни, восстановления природы и экосистем с позиции устойчивого развития и управления урбанизацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tuong Thuy Vu, Pham Thi Mai Thy, Lam Dao Nguyen. Multiscale remote sensing of urbanization in Ho Chi Minh city, Vietnam - A focused study of the south // *Applied Geography*, T. 92, март 2018. С. 168-181.
2. Ле Ван Нам, Хюинь Суан Чт. Рекомендации по управлению городами и проектным решениям для речной системы в городе // планирование и развитие реки Сайгон, реки интеринхан и решения для завершения основная река, река и кананан сайгон в 2025 году. Хошимин. 2019. С. 40-49.
3. Givental E. The Ho Chi Minh City Canals: Assessing Vulnerability and Resilience Factors // *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers University of Hawai'i Press*, Vol. 76, 2017. pp. 49-67.
4. Нгуен Хонг Куан, Кайла Тифт, Чан Тхи Ван Ту, Нгуен Туи Вьен Минь, Мариана да Кунья Оливейра Сантос, Ву Тхи Хонг Хан. Жилые лаборатории - подход к изучению и реализации проектов управления реками в городе Хошимин. // планирование и развитие реки Сайгон, реки интеринхан и решения для завершения основная река, река и кананан сайгон в 2025 году. Хошимин. 2019. С. 62-69.
5. Статистический ежегодник Хошимина, Хошимин, 2015.
6. Статистический ежегодник Хошимина, Хошимин, 2018.
7. Мук Бангалор, Тед Велдкамп, Эндрю Смит. Exposure to Floods, Climate Change, and Poverty in Vietnam. // *Economics of Disasters and Climate Change*, T. 3, 2019. С. 79-99.
8. An Thi Ngoc Dang, Lalit Kumar. Application of remote sensing and GIS-based hydrological modelling for flood risk analysis: a case study of District 8, Ho Chi Minh city, Vietnam // *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, T. 8, № 2, 2017. С. 1792-1811
9. Making Cities Liveable. Blue-Green Infrastructure and Its Impact on Society. www.ramboll.com/planning-and-urban-design, pp. 18
10. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю. Градостроительное планирование жилых территорий и комплексов. Том 2. Развитие и реконструкция сложившейся жилой застройки: Монография / Под ред. проф. Ю.В. Алексеева и доц. Г.Ю. Сомова. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 232 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ДЕТЕЙ В СТРУКТУРАХ НОВЫХ ТИПОВ ЖИЛЬЯ

А.С. Павлюк¹, А.Е. Балакина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,

¹kiwi-kot@yandex.ru

²balakinaae@mail.ru

Аннотация

Доклад посвящен исследованию структур совместного проживания, а также способам их интеграции с различными детскими пространствами. Были изучены как исторические примеры совместного проживания – дома-коммуны и фалангстеры, так и современные примеры – коливинги.

Коливинг — это жилье, спроектированное для совместной аренды. [1] В условиях современной жизни коливинги становятся все более и более подходящим выбором для молодых людей, так как при таком проживании нет необходимости в долгосрочных ипотечных взносах или крупных тратах на покупку квартиры. У подобного жилья можно обозначить два его основных положительных качества – это возможность сэкономить и получить живое общение.

В коливингах предусмотрены не только непосредственно комнаты для проживания, но и места для отдыха, прачечные, магазины и кафе, а также места для работы (коворкинги). Таким образом, коливинг является закрытой «экосистемой» и нет необходимости покидать здание. Однако при таком методе не всегда предусмотрены места для времяпрепровождения детей. Целью исследования было выявление единой типологии детских пространств, а также определение размера необходимой площади детского пространства в зависимости от общего размера коливинга.

ВВЕДЕНИЕ

Данная статья посвящена формированию пространств для детей в структурах новых типов жилья – например, в коливингах.

Города растут, часто бывает, что чтобы преодолеть расстояние от дома до работы, необходимо потратить 3-4 часа в день в пробках и в давках в метро. Таким образом, каждый год мы тратим не менее 900 часов на то, чтобы добраться до работы. Чтобы избежать этого, современные архитекторы разработали новый принцип проживания – коливинг. Это доступное жилье, расположенное в непосредственной близости от места работы.

По всему миру насчитывается более 300 реализованных проектов коливингов, проводятся конкурсы на новые архитектурные концепции. По-английски «Co-living» переводится как «совместное проживание», это основная идея данного формата проживания. Коливинг – это слияние двух аспектов жизни людей: общей сферы деятельности и физического пространства. Коливинги уникальны, поскольку являются симбиозом молодых людей, в результате которого рождаются новые идеи, проекты и стартапы. При этом у каждого человека есть своя личная комната, а также доступ к общественному пространству, где он будет проводить целый день. В общественной зоне есть всё, что необходимо для жизни – кухня, столовая, место для работы и отдыха, библиотеки, кафе, магазины. Наполнение коливинга может быть различным в зависимости от конкретного проекта [1]. Коливинги проектируются различной величины – там может проживать от 5 до 580 человек. По данным РБК [2], преобладающая доля коливингов (40%) располагается в Азии, около 30% расположено в Северной Америке, 25 % - в Европе. Коливинги размещаются преимущественно в крупных городах, таких как Шанхай, Нью-Йорк, Сингапур.

В коливингах предусмотрены не только непосредственно комнаты для проживания, но и места для отдыха, прачечные, магазины и кафе, а также места для работы (коворкинги). Таким образом, коливинг является закрытой «экосистемой» и нет необходимости покидать здание. Однако при таком методе не всегда предусмотрены места для времяпрепровождения детей. Целью исследования было выявление единой типологии детских пространств, а также определение размера необходимой площади детского пространства в зависимости от общего размера коливинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был проведен анализ существующего мирового опыта в сфере проектирования современных пространств для совместного проживания. Была проанализирована зависимость между размером здания, типологией детских пространств и типология юнитов в современных коливингах. Был изучен исторический опыт совместного проживания - фалангстеры [3] в Европе и дома-коммуны, построенные в СССР 1920-1930е годы [4]. Была проанализирована зависимость между размером здания и типологией детских пространств, а также их расположение в городе относительно центра.

Изучены современные детские открытые и закрытые пространства. Под открытыми пространствами подразумеваются детские площадки, под закрытыми – различные по размеру и наполнению детские пространства, находящиеся в помещении – это могут быть как детские сады и клубы, так и одиночные игровые комнаты. [5]

Среди открытых детских пространств был проведен анализ по расположению в городе относительно центра, а также проанализирована зависимость между размером детской площадки и размером объекта, ее расположением.

В закрытых детских пространствах были проанализированы цвета в интерьерах; зависимость между размером помещения, количеством детей и основной функцией здания, а также расположение в городе относительно центра.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования было определено, что при формировании исторических домов совместного проживания – фалангстеров в Европе и домов-коммун в СССР, в здании расположены не только пространства для жизнедеятельности взрослых – такие как жилые ячейки, общие кухни, столовые и прачечные, но и помещения для игр детей – ясли, детские сады [6], кружки, в некоторых случаях даже школы [7].

Выявлена типология детских пространств в зависимости от количества семейных комнат: это может быть как небольшая игровая комната для нескольких детей, площадью от 20 м², так и полноценная группа детского сада. Количество семейных комнат определяется в зависимости от общего размера коливинга.

В результате исследования были представлены несколько типологий детских пространств: по типу открытости, по делению на различные зоны, по виду деятельности и по размеру. По типу открытости было выявлено четыре принципа расположения детского пространства – это может быть детская площадка на улице, детская площадка на крыше, детское пространство в публичной части коливинга или детское пространство в частной части коливинга. Данная типология пространств представлена на рис. 1.



Рис. 1. Типология открытости детских пространств

По делению на различные зоны было выявлено три зоны: подвижные игры, спокойные игры и зона отдыха для родителей. По виду детские пространства поделены на игровые и спортивные площадки.

По размеру детских пространств было выделено три типоразмера с определением площади пространства и максимальным количеством детей. Пространство организуется в зависимости от общей площади коливинга и от количества семейных комнат. Помимо этого, зона может быть рассчитана на разный временной отрезок (пребывание детей в течение полного дня или нескольких часов) и на различный возраст детей.

Таблица 1. Размеры детских зон

Формат	Размер детской зоны	Количество детей	Описание
«S» - малый формат	до 100 м ²	до 20 чел	Небольшая игровая зона
«M» - средний формат	от 101 до 1000 м ²	от 21 до 100 чел	детский клуб
«L» - крупный формат	от 1001 м ²	от 101 чел	детский сад для нескольких групп

После изучения исторических примеров совместного проживания, было получено соотношение для расчета пространства в коливинге, предусмотренного для детей. Расчет состоит из нескольких этапов: сначала определяется число семейных комнат, что составляет 20% от общего числа юнитов; затем вычисляется предполагаемое количество детей, что составляет 30% от количества семейных комнат. Далее приведена таблица (Табл. 2) с диапазонами необходимых значений, связь между размером коливинга и приблизительным количеством детей. [8]

Таблица 2. Расчет детского пространства

Количество жилых ячеек всего в коливинге	Количество семейных ячеек	Расчетное количество детей в коливинге	Условное обозначение детской зоны
до 300	до 60	до 20	S (маленький)
300-1500	60-300	20-100	M (средний)
более 1500	более 300	более 100	L (большой)

Например, если во всем коливинге расположено 50 номеров, 10 из них будут семейными, а пространство для детей будет рассчитано на 3 ребенка, это пространство будет относиться к маленькой детской зоне. Если в коливинге будет размещено 300 номеров, там будет 60 семейных комнат и пространство для детей, рассчитанное на 20 детей (детская зона среднего размера). Если в коливинге будет расположено 1500 номеров, то 300 из них будут семейными, а детская зона рассчитана на 100 детей.

Проектом задается только минимальное необходимое пространство для детей и всегда есть возможность, например, спроектировать на первых этажах большой детский сад для детей всего района. Для случаев, когда на первых этажах организуются детские сады, были рассмотрены 3 варианта типоразмеров для модульной компоновки как игровых блоков, так всех необходимых технических и обслуживающих помещений. [8]

ВЫВОДЫ

Проектирование коливингов является актуальной и развивающейся тематикой. При помощи разработанной типологии детских пространств, в будущем, при проектировании коливингов есть возможность предусматривать необходимый размер пространства для игр и времяпрепровождения детей.

Таким образом, здание станет единой «экосистемой», без необходимости использования детскими садами и кружками, находящимися в районе. В условиях современной жизни необходимо особенно внимательно относиться к здоровью себя и окружающих. Возможность не покидать здание является немаловажным преимуществом при наступлении последующих пандемий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт журнала SPEECH. Интернет-издание archspeech. [Электронный ресурс удаленного доступа] - Режим доступа: <https://archspeech.com/> – Дата доступа: 12.03.2020.
2. РБК. Деловое информационное пространство [Электронный ресурс удаленного доступа] - Режим доступа: <https://realty.rbc.ru/>– Дата доступа: 12.03.2020.
3. Фурье и фурьеризм // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.]
4. Библиофонд. Электронная библиотека студента. [Электронный ресурс удаленного доступа] - Режим доступа: www.bibliofond.ru/ – Дата доступа: 12.03.2020.
5. Котляр И.А., Соколова М.В. Подходы к психолого-педагогической экспертизе игровых детских площадок [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2016. Том 5. № 1. С. 5–15. doi: 10.17759/jmfr.2016050101
6. «Дом чекиста» в Нижнем Новгороде. История вопроса // ГТРК «Культура», 18.04.2012
7. Фамилистер // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
8. Павлюк А.С. Выпускная квалификационная работа магистра. НИУ МГСУ 070401 – ВКР – 20. Тема: Исследование возможностей формирования архитектурного пространства для детей младшего возраста в структуре жилых образований – коливингов.

«БЫСТРЫЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕСТ ТЕРРИТОРИИ»: АТЛАС ЗАСВЕТКИ, ЗОНЫ СЭТ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ

Н.А. Самойлова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26,

SamoylovaNA@mgsu.ru

Российская академия архитектуры и строительных наук, 107031, Россия, г. Москва, ул. Большая Дмитровка, д.24, стр.1)

Аннотация

В статье представлен результат прикладного использования современного исследовательского инструмента - Всемирного атласа искусственной засветки неба на основе спутниковых данных (World Atlas of the artificial night sky brightness), с помощью которого можно увидеть в основном градостроительно освоенные территории. Атлас засветки фиксирует сложившееся к настоящему времени градостроительное состояние и помогает визуально быстро установить типы территорий и их взаимосвязи (мегалополис, конурбация, агломерация и др.). Также апробирована схематическая модель градостроительного анализа территории с использованием параметров зон социально-экономического тяготения (СЭТ) и зон градостроительного влияния, с помощью которой можно прогнозировать и планировать градостроительные трансформации на территории.

На примере конкретной территории поморья в Двинском заливе Белого моря представлено решение выявленной для приморской территории в районе Крайнего Севера проблемы создания рекреационной зоны для взаиморасположенных поселений: Архангельска и Северодвинска.

На примере другой конкретной территории - проектируемого микрорайона «Северный» в центральной части городского округа Красногорск Московской области представлено решение выявленной для территории столичного региона проблемы комплексного градостроительного освоения территории.

Предложенный в статье графический градостроительный анализ территории с использованием Атласа засветки, зон СЭТ и градостроительного влияния абстрагирован от субъективного влияния, наличия полных и актуальных данных о территории и представляет собой «быстрый градостроительный тест территории». Методология проведения такого теста может найти применение на предпроектной стадии градостроительного анализа при проработке градостроительной концепции.

Перспективой дальнейшей разработки данного исследования в сфере градостроительства является изучение условий градостроительного планирования с учетом взаиморасположения зон влияния поселений.

ВВЕДЕНИЕ

На динамической карте возникновения городов (The history of urbanization), составленной исследователями из Йельского университета США (Yale University) оцифрованы данные о размере и местоположении городских поселений за 6 тысячелетий [1,2].

В ведущем в мире научном журнале по астрономии и астрофизике (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS) в 2001 году была опубликована статья [3] о первом в мире Атласе искусственной засветки неба на основе спутниковых данных высокого разрешения DMSP и на точном моделировании распространения света в атмосфере. На Веб-картографическом сайте <https://www.lightpollutionmap.info> (далее Атлас) [4] представлено, что около двух третей населения земного шара проживает, под небом определенной яркости, в районах, где значения выше среднего установленного порога.

Скорость происходящего роста и изменений городских поселений с течением времени и в

пространстве требует кардинальных и принципиально новых подходов к оценке происходящего в мире и инновационных передовых цифровых технологий, которые обеспечат связность территории России. Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» утверждены приоритеты и перспективы научно-технологического развития Российской Федерации [5]. В данной статье представлены исследования, выполненные в рамках учебного процесса в НИУ «МГСУ», которые соответствуют указанным приоритетам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Один из современных доступных информационных ресурсов, который находится в открытом доступе и содержит Веб-картографию, - это The light pollution map (|Lightpollutionmap [4]) - карта светового загрязнения, которая имеет два базовых слоя (дорожные и гибридные карты Bing), наложение VIIRS/World Atlas/Clouds и наложение точечных объектов (SQM, SQC и Observatories). Этот всемирный Атлас искусственной засветки неба на основе спутниковых данных (Веб-картографический сайт искусственной яркости ночного неба в зените на уровне моря) использован в исследованиях для анализа урбанизированных территорий [6,7].

Кроме Атласа для изучения территории использованы градостроительные зоны влияния поселения [8,9] выведенные с учетом установленных размеров зон социально-экономического тяготения (зоны СЭТ) поселений различных рангов, отражающие численный состав населения. С учетом тесноты взаиморасположения таких зон использованы типы, подтипы и характеризующие их параметры для зон, получивших название «зона влияния поселений» [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях студентов НИУ «МГСУ» [11,12] под руководством Самойловой Н.А. был проведен градостроительный картографический анализ конкретных территорий (рисунки 1-4), который показал, что совместное применение Атласа и зон влияния поселений являются «быстрым градостроительным тестом территории». Такой тест выполняется с использованием открытого Веб-картографического сайта [4] и построения зон [8-10] по заданным параметрам, учитывающим общедоступную статистическую численность населения в любой двухмерной системе автоматизированного проектирования. При этом наглядность полученного результата позволяет формулировать первые градостроительные гипотезы о сложившейся градостроительной ситуации и делать предположения по дальнейшим необходимым градостроительным трансформациям на территории.

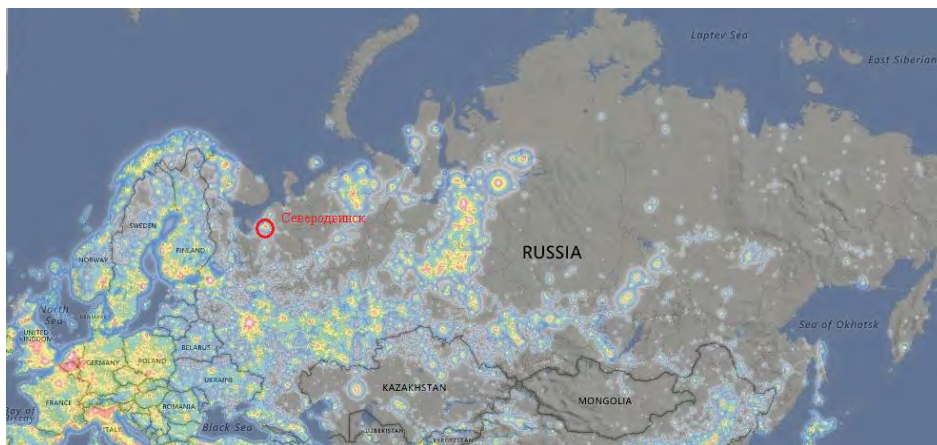
Пример 1 «быстрого градостроительного теста территории».

С использованием Атласа [4] зафиксированы наиболее градостроительно освоенные территории в Архангельской области – города Архангельск и Северодвинск (рисунок 1). Графически представляется, что зарождается Архангельская конурбация. Северодвинск – ареал, то есть локальная территория, характеризующаяся осуществляемой на ней специфической функциональной деятельностью и концентрацией населения, осуществляющего такую деятельность, в одном или нескольких взаимосвязанных поселениях. В данном случае общеизвестно, что это центр атомного судостроения.

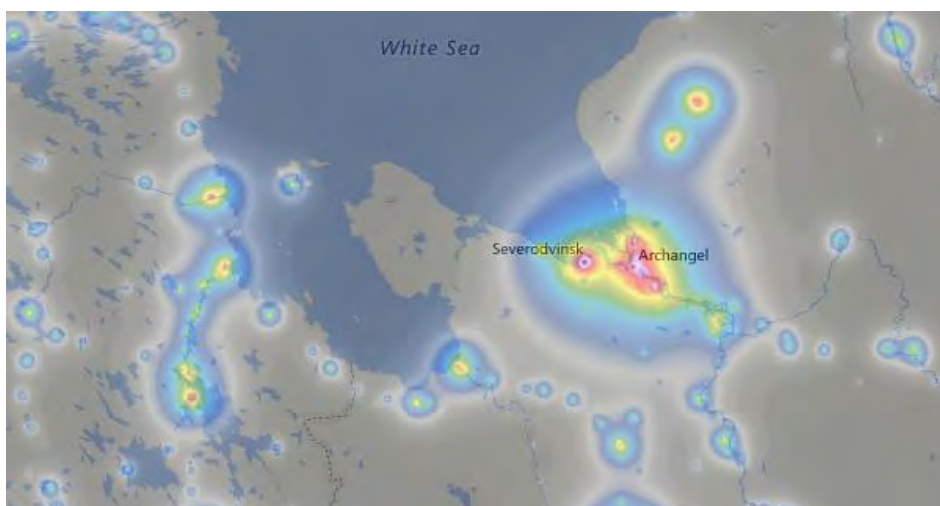
Для исследуемой территории апробирован градостроительный анализ территории с использованием параметров зон влияния поселений [8-10] (рисунок 2) для взаиморасположенных поселений на берегу Северной Двины в районе Крайнего Севера (Архангельск, Северодвинск).

По классификации [9,10] взаиморасположение зон градостроительного влияния Архангельска и Северодвинска относится к типу 2г. То есть исследуемая территории в районе Крайнего Севера остров Ягры на берегу Северной Двины может быть рассмотрена как рекреационная территория как для Северодвинска, так и для Архангельска.

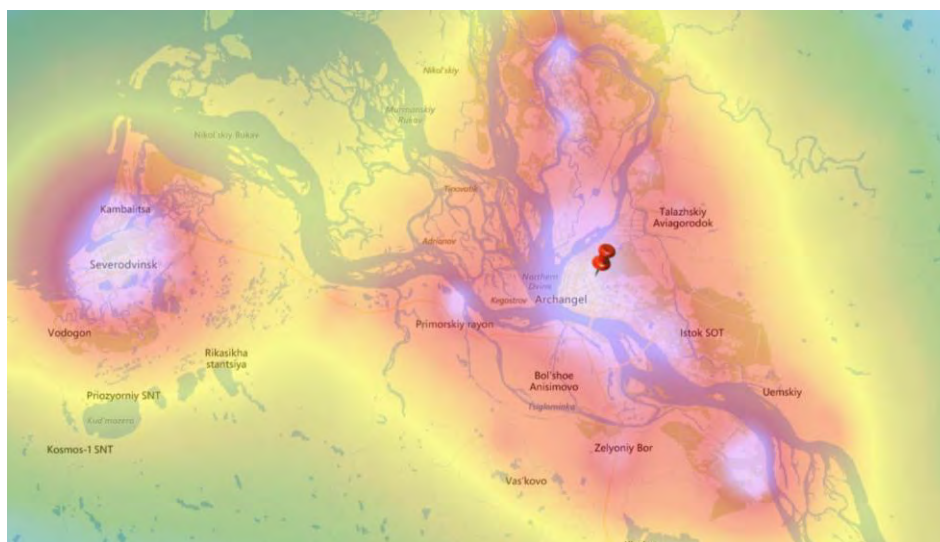
а)



б)

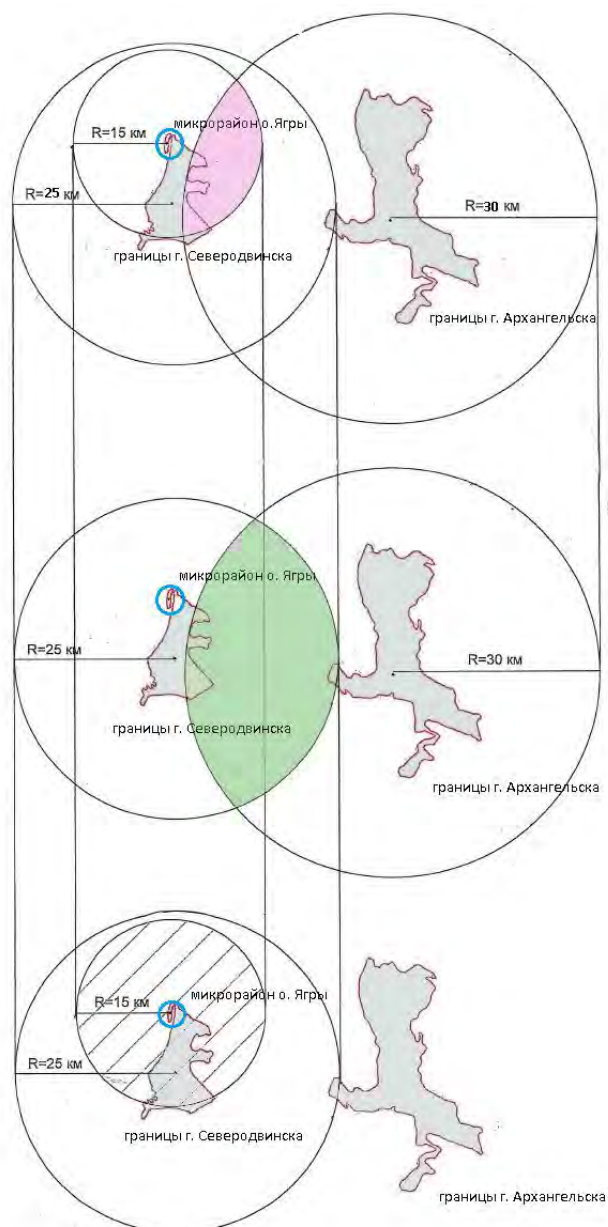


в)



Условные обозначения: для а) - условное месторасположение исследуемой территории; для а-в) яркость в зените неба: белая (<17,5), малиновая (18,5), красная, оранжевая, желтая, светло-зеленая (20,6), темно-зеленая (21,7), голубая, синяя (21,9), черная (22). Максимальная яркость засветки – белый цвет на территории поселений Архангельска и Северодвинска (World Atlas 2015, Zenith sky brightness magnitude/arc second²).

Рис. 1. Исследуемая территория в Двинском заливе Белого моря Архангельской области на материалах Атласа [4]



Условные обозначения:

Розовый цвет – зона совместного градостроительного влияния Архангельска, Северодвинска и Ягры.

Зеленый цвет – зона совместного градостроительного влияния Архангельска и Северодвинска.

Радиусы градостроительных зон влияния в км: Архангельск (30), Северодвинск (25), Ягры (15) [8].

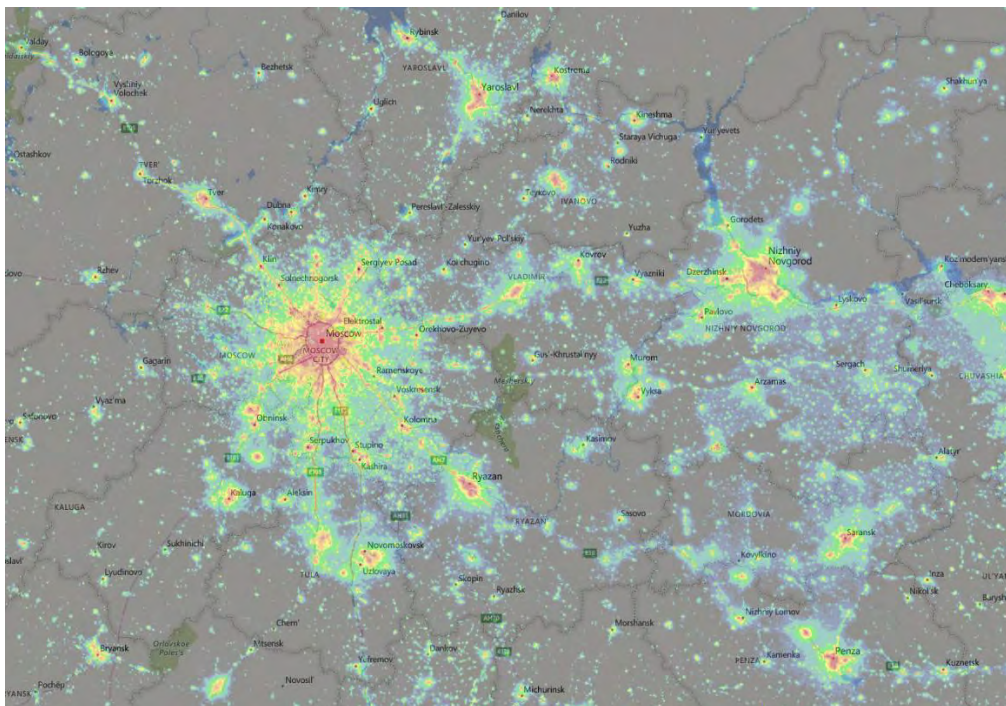
Рис. 2. Карта-схема взаиморасположений поселений на исследуемой территории в Двинском заливе Белого моря Архангельской области (по материалам [11])

Пример 2 «быстрого градостроительного теста территории».

На западе от города Москвы в Красногорском округе Московской области проанализирована возможность комплексной застройки нового микрорайона (рисунки 3,4). Предполагается возведение микрорайона «Северный» со среднеэтажными жилыми домами высотой до 8 этажей в центральной части городского округа Красногорск - в г.Красногорск, который является административным центром указанного округа.

С использованием Атласа [4] графически представляется что исследуемая территория расположена на градостроительно освоенных территориях Московского мегалополиса (здесь максимальное значение искусственной яркости неба в 75 раз превосходит усредненное естественное значение) (рисунок 3), т.е. проектируемая территория микрорайона уже расположена на территории с такими характеристиками засветки, что и у Москвы.

a)

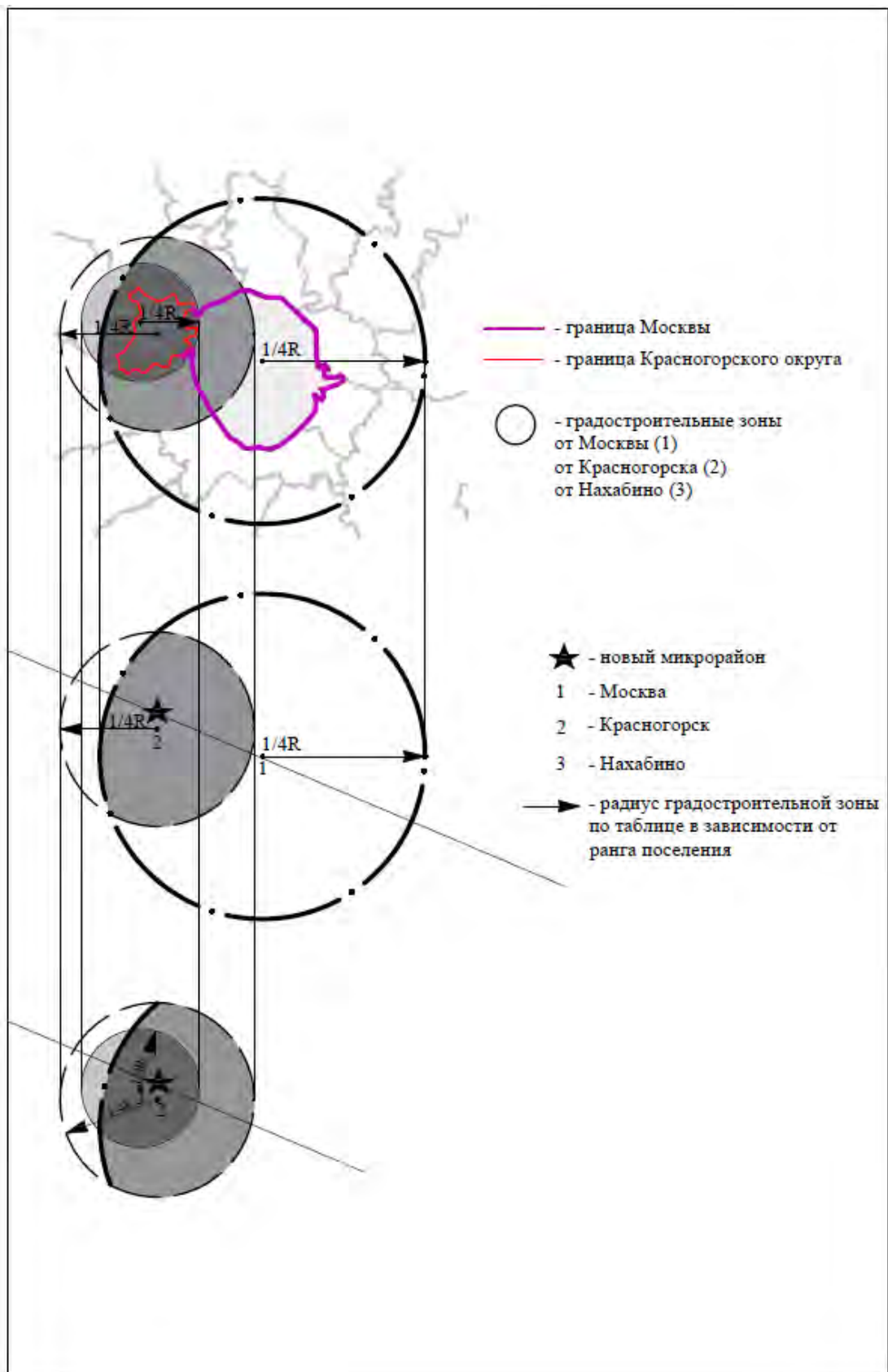


б)



Условные обозначения: для б) - условное месторасположение исследуемой территории; для а-б) яркость: черная (0,00-0,15), темно-серая (0,15-0,25), синяя (0,25-0,50), зеленая (0,50-1,50), желтая (1,50-10,0), оранжевая (10,0-50,0), красная (50,0-75,0), малиновая (>75,0). Указанные в скобках величины показывают, во сколько раз искусственная яркость неба превосходит усредненную естественную. Максимальная яркость засветки – малиновый цвет на территории Москвы и Подмосковья (VIIRS 2017, Radiance $10^{-9} \text{ W} / \text{cm}^2 \cdot \text{sr}$).

Рис. 3. Исследуемая территория проектируемого микрорайона в центральной части городского округа Красногорск Московской области на материалах Атласа [4]



Радиусы градостроительных зон влияния в км: Москва (40), Красногорск (25), Нахабино (15) [8].

Рис. 4. Карта-схема взаиморасположений поселений на исследуемой территории проектируемого микрорайона в центральной части городского округа Красногорск Московской области (по материалам [12])

На рисунке 4 представлена карто-схема градостроительного анализа территории с использованием параметров зон влияния поселений [8-10] для взаиморасположенных поселений Москвы, Красногорска и Нахабино.

По классификации [9,10] взаиморасположение зон градостроительного влияния Москвы, Красногорска и Нахабино относится к типу 2д. То есть исследуемая территории полностью поглащается г.Москвой, очень сильное социально-экономическое влияние Москвы на г.Красногорск и г.Нахабино (зона СЭТ Москвы 160 км).

ВЫВОДЫ

В результате апробации на представленных в статье примерах 1 и 2 и аналогичных исследовательских работах студентов НИУ «МГСУ» представляется целесообразным использовать предложенный «быстрый градостроительный тест территории» в учебной деятельности, а также при разработке информационной системы моделирования градостроительной территории, в т.ч. с использованием экспертно-аналитической сети «искусственный интеллект» для информационного моделирования территории на основе иерархической системы градостроительных типов территории [7] и взаиморасположения зон влияния поселений, в том числе в режиме «онлайн».

ЛИТЕРАТУРА

1. Watch as the world's cities appear one-by-one over 6,000 years. The history of urbanization, 3700 BC – 2000 AD (full screen / video) Режим доступа: <https://metrocosm.com/history-of-cities>. Дата обращения: 10.10.20.
2. Reba M., Reitsma F., Seto K. Spatializing 6,000 years of global urbanization from 3700 BC to AD 2000. Scientific Data. 2016. V. 3. N. 160034. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.34>. Дата обращения: 10.10.20.
3. Cinzano P., Falchiani P.F., Elvidge C.D. The first World Atlas of the artificial night sky brightness / Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2001. N. 328, P. 689–707. Режим доступа: <https://archive.org/details/arxiv-astro-ph0108052/page/n23/mode/2up>. Дата обращения: 10.10.20.
4. Атлас искусственной засветки неба на основе спутниковых данных, 2012–2019 г. (Атлас световой засветки. Всемирный атлас искусственной засветки неба (искусственной яркости ночного неба в зените на уровне моря) на основе спутниковых данных). Режим доступа: <https://www.lightpollutionmap.info> Дата обращения: 10.10.2020.
5. «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»: Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. Дата обращения: 10.10.20.
6. Самойлова Н.А. Специфика и особенности учета нарушенных территорий в районах угледобычи. / диссертация ... канд. техн. наук /05.23.22 /науч. рук. Ю.В. Алексеев /в 2-х томах. - М.: НИУ МГСУ. 2016. С. 200.
7. Самойлова Н.А. России нужна комплексная система градостроительного регулирования!? // Градостроительство. 2019. № 3 (61). С. 42-52.
8. Алексеев Ю.В., Самойлова Н.А. Подход к организации градостроительного планирования территории угольного бассейна // Архитектура и строительство России. 2015. №8. С. 30 – 39.
9. Самойлова Н.А. Подход к определению градостроительных границ территории на примере Кузбасса // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 7-21. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.1.7-21
10. Samoylova N., Alekseev Yu. Impact of settlement location conditions on the formation of urban coal mining area borders / XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction - The Formation of Living Environment" (FORM 2018) 25-27 April 2018, Moscow, Russian Federation. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Volume 365. n. 022004. DOI:10.1088/1757-899X/365/2/022004.
11. Говор М.В. Комплексное развитие территории микрорайона «Северный» в г.о. Красногорск МО: ВКР бакалавриат / рук. ВКР Н.А.Самойлова; НИУ МГСУ; ИСА; каф. «Градостроительство»; 08.03.01. «Строительство» профиль «Городское строительство». Москва. 2018. Режим доступа: <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/vkr.mgsu>. Дата обращения: 10.10.20.
12. Дунаева Н.С. Комплексная организация доступности рекреационных зон острова Ягры Архангельской области: ВКР магистр / рук. ВКР Н.А. Самойлова; НИУ МГСУ; ИСА; каф. «Градостроительство»; 07.04.04 «Градостроительство» профиль «Градостроительство». Москва. 2020. Режим доступа: <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/vkr.mgsu>. Дата обращения: 10.10.20.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ Г. ИЖЕВСК С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

М.А. Слепнев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, SlepnevMA@mgsu.ru

Аннотация

Увеличение количества проживающих жителей городов, концентрация промышленных зон предприятий, увеличение уровня автомобилизации все это негативно влияет на состояние городских природных систем и экологический каркас в целом, что ведет к ухудшению качества жизни населения.

Формирование городов как антропогенный фактор, который является одним из главных вызовов устойчивого развития населенных мест со стороны формирования природного каркаса и экологии городской среды, должен включать внутренние и внешние градостроительные параметры, влияющие на пространственно-территориальное развитие города. В статье проанализированы планировочные возможности и ограничения, обеспечивающие градостроительное преобразование города, а также выбрана оптимальная стратегия пространственно-территориального развития.

В работе был использован описательно-регистрационный метод, основанный на документальной и библиотечной информации. На основе теоретического исследования был проведен пространственный анализ городской территории на предмет выявления факторов влияющих на устойчивое развитие урбанизированных территорий города. Рассмотренные в работе градостроительные аспекты, направленные на сохранение природного каркаса городских территорий позволили построить теоретическую модель планирования природно-антропогенных территориальных комплексов.

Ключевые слова: планировочное решение, градостроительное проектирование, природный каркас, устойчивое развитие.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие должно отвечать повседневным требованиям жителей города и быть направлено на обеспечение потребностей настоящего времени, без угрозы для будущих поколений [1]. Создание городской среды оказывающая минимальное воздействие на экологическую составляющую, является приоритетным направлением градостроительного планирования по всему миру. Одним из видов антропогенного влияния на окружающую среду являются деятельность людей проживающих в населенных пунктах. На сегодняшний день экологические проблемы урбанизированных территорий можно разделить на три, неразрывно связанных между собой, группы:

- загрязнение окружающей среды
- деградация культурно-социальной среды
- деградация естественной природной окружающей среды

Особенно остро стоит вопрос в индустриальных городах где, помимо производств, загрязняющих окружающую среду выбросами вредных веществ, повышением уровня благосостояния населения, повышение уровня автомобилизации присутствует ряд социальных проблем влияющих на градостроительное развитие [2].

Такая ситуация ярко выражена на примере крупнейшего промышленного центра Урала города Ижевск. Развитие города началось с создания Ижевского металлургического завода и еще несколько крупных производств. Ижевск долгое время существовал как много ориентированный завод-поселение, став городом лишь в 1918 году. Нехватка заведений культуры и социальной ориентированности жителей, спровоцировали типичный для

промышленных городов общий упадок культуры, а коллективизация советского периода, лишь усугубила ощущение людьми духа места и отношение к экологии города. Для достижения устойчивого развития, необходимо было разработать стратегии, охватывающие как социально-культурные аспекты, транспортную ситуацию, а также промышленность и природно-экологический каркас города [3]. Поэтому в статье рассмотрены вопросы, направленные на определение стратегий развития города Ижевск с подходом устойчивого развития, при помощи SWOT анализа и использованием матрицы внутренних и внешних факторов (IE).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании используется описательно-исторический метод, основанный на документальной и библиотечной информации. На основе теоретического исследования и с учетом территориально-пространственного анализа субъекта, использования метода полевых исследований – был проведен первичный обзор ситуации в городе [4].

Для комплексного выявления и анализа возможностей и ограничений развития с целью классификации областей с точки зрения устойчивости развития в данном исследовании был использован метод структурированного планирования- SWOT-анализ, который включал в себя определение цели устойчивого развития в проекте и выявление внутренних и внешних факторов направленных на стратегию развития города Ижевск.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Устойчивое городское развитие основывается на поддержке и взаимодействии экологических, социально-экономических и политических вопросов городского развития основанного на минимальном использовании пространства и природных ресурсов, улучшении управления городскими потоками, защите здоровья городского населения, обеспечении равного доступа к ресурсам и услугам и заботе о культурном разнообразии.

На основе территориально-пространственного измерения [5], была разработана трех уровневая SWOT модель. На первом уровне были выявлены внутренние факторы, представленные в Табл. 1, влияющие на пространственно-территориальное развитие города.

Таблица 1. Матрица внутренних факторов

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>Си1. Крупное велосипедное сообщество, зачатки вело инфраструктуры.</p> <p>Си2. Качественная система общественного транспорта.</p> <p>Си3. Площадь зеленого каркаса.</p> <p>Си4. Осознанность ответственности за окружающую среду.</p> <p>Си5. Низкий уровень автомобилизации.</p> <p>Си6. Высокий уровень безопасности и комфорта на уровне города.</p> <p>Си7. Охват и уровень общей образованности населения.</p> <p>Си8. Городские сообщества с экологической повесткой.</p> <p>Си9. Расположение наиболее загрязняющих производств за пределами города.</p> <p>Си10. Применение умных систем мониторинга качества окружающей среды.</p>	<p>Сл1. Устаревшая инфраструктура.</p> <p>Сл2. Экономика, завязанная на загрязняющих окружающую среду производствах.</p> <p>Сл3. Низкий уровень поддержания городской среды и рекреационных зон.</p> <p>Сл4. Слабая городская идентичность.</p> <p>Сл5. Разряженная структура городской ткани.</p> <p>Сл6. Длительное антропогенное влияние на территорию.</p> <p>Сл7. Высокая степень зависимости от федеральной повестки.</p> <p>Сл8. Первоочередное обслуживание интересов автомобилистов.</p> <p>Сл9. Отсутствие эффективных программ, направленных на улучшение экологии.</p> <p>Сл10. Консервативная городская администрация.</p>

В рамках исследования к внутренним факторам относятся социальные, функциональные, местные экономические факторы, соображения общественного интереса. На втором уровне территориально-пространственного анализа были определены внешние факторы представленные в Табл. 2. К внешним факторам относятся региональные экономические, политические, инвестиционные, иммиграционные факторы и чрезвычайные ситуации, такие как природные бедствия, войны и др. [6].

Таблица 2. Матрица внешних факторов

Возможности	Угрозы
В1. Креативные индустрии как возможность альтернативного взгляда на производство.	У1. Изменение привычек жителей.
В2. Общественный запрос на улучшение экологии.	У2. Отсутствие положительных примеров градостроительного преобразования в городе.
В3. Культурный ренессанс в городе.	У3. Увеличение трафика в городе.
В4. Отсутствие средств на капитальные инфраструктурные проекты (поиск более оптимальных и эффективных возможностей)	У4. Отсутствие опыта реализации экологических проектов.
В5. Положительные примеры в других городах.	У5. Рефлексия городской администрации.
В6. Растущий уровень участия жителей в вопросах городского управления.	У6. Сильное индустриальное лобби.
В7. Национальная идентичность как отношение людей к своей земле.	У7. Ориентация на получение быстрой экономической и политической выгоды.
В8. Привлечение инвестиций.	У8. Изменение климата.
В9. Точечная застройка в городе (удешевление поддержания инфраструктуры как следствие повышения плотности населения).	У9. Угрозы техногенных происшествий.
В10. Городской бренд – город завод, подразумевает решение ошибок прошлого в области пользования окружающей среды.	У10. Угрозы социальных волнений (ограничение автомобилизации и т.п.).

Каждому фактору был присвоен вес в диапазоне от 0,0 (низкая важность) до 1,0 (высокая важность). Это число показывает, насколько важен данный фактор. Рейтинги в матрице оценки внутренних факторов ставятся в зависимости от того, насколько сильны или слабы выбранные факторы, а в матрице оценки внешних факторов аналогично оцениваются возможности или угрозы каждого фактора в городе. Значения рейтингов варьируются от 4 до 1, где 4 означает большую силу или возможности, 3 – незначительную силу или возможности, 2 – незначительную слабость или угрозы и 1 – большую слабость или угрозы. Сильные стороны или возможности могут получать только оценки 3 и 4, слабые стороны или угрозы – 1 и 2. Общая оценка каждого фактора находится как произведение веса фактора на его рейтинг. В Табл. 3 на основании данных приведенных в Табл. 1 представлены внутренние факторы, оцененные с помощью матрицы оценки.

Таблица 3. Матрица оценки внутренних факторов (IFE)

Внутренние факторы	Вес	Рейтинг	Общая оценка
Си1. Крупное велосипедное сообщество, зачатки вело инфраструктуры.	0,08	3	0,24
Си2. Транспортная система города.	0,04	3	0,12
Си3. Площадь зеленого каркаса.	0,04	3	0,12
Си4. Осознанность ответственности за окружающую среду.	0,07	4	0,28
Си5. Низкий уровень автомобилизации.	0,05	3	0,15

Си6. Высокий уровень безопасности и комфорта на уровне города.	0,02	3	0,06
Си7. Охват и уровень общей грамотности населения	0,02	3	0,06
Си8. Городские сообщества с экологической повесткой.	0,06	4	0,24
Си9. Расположение наиболее загрязняющих производств за пределами города.	0,04	3	0,12
Си10. Применение умных систем мониторинга качества окружающей среды.	0,05	3	0,15
Сл1. Устаревшая инфраструктура.	0,08	2	0,16
Сл2. Экономика, завязанная на загрязняющих окружающую среду производствах.	0,06	2	0,12
Сл3. Низкий уровень поддержания городской среды и рекреационных зон.	0,05	2	0,1
Сл4. Слабая городская идентичность.	0,05	1	0,05
Сл5. Разряженная структура городской ткани.	0,04	1	0,04
Сл6. Длительное антропогенное влияние на территорию.	0,06	2	0,12
Сл7. Высокая степень зависимости от федеральной повестки.	0,05	1	0,05
Сл8. Первоочередное обслуживание интересов автомобилистов.	0,07	2	0,14
Сл9. Отсутствие эффективных программ, направленных на улучшение экологии.	0,04	2	0,08
Сл10. Консервативная городская администрация.	0,03	1	0,03
Общий показатель IFE	1		2,43

В Табл. 4. на основании данных приведенных в Табл. 2. представлены внешние факторы, оцененные с помощью матрицы оценки.

Таблица 4. Матрица оценки внешних факторов (EFE)

Внутренние факторы	Вес	Рейтинг	Общая оценка
В1. Креативные индустрии как возможность альтернативного взгляда на производство.	0,05	4	0,2
В2. Общественный запрос на улучшение экологии.	0,06	4	0,24
В3. Культурный ренессанс в городе.	0,03	3	0,09
В4. Отсутствие средств на капитальные инфраструктурные проекты (поиск более оптимальных и эффективных возможностей)	0,06	3	0,18
В5. Положительные примеры в других городах.	0,05	3	0,15
В6. Растущий уровень участия жителей в вопросах городского управления.	0,06	3	0,18
В7. Национальная идентичность как отношение людей к своей земле.	0,07	4	0,28
В8. Привлечение инвестиций.	0,05	3	0,15
В9. Точечная застройка в городе (удешевление поддержания инфраструктуры как следствие повышения плотности населения).	0,04	3	0,12
В10. Городской бренд – город завод, подразумевает решение ошибок прошлого в области пользования окружающей среды.	0,06	4	0,24
У1. Изменение привычек потребителей.	0,03	1	0,03

У2. Отсутствие положительных примеров градостроительного преобразования в городе.	0,03	1	0,03
У3. Увеличение трафика в городе.	0,05	2	0,1
У4. Отсутствие опыта реализации экологических проектов.	0,04	1	0,04
У5. Рефлексия городской администрации.	0,06	1	0,06
У6. Сильное индустриальное лобби.	0,08	2	0,16
У7. Ориентация на получение быстрой экономической и политической выгоды.	0,07	2	0,14
У8. Изменение климата.	0,06	2	0,12
У9. Угрозы техногенных происшествий	0,03	1	0,03
У10. Угрозы социальных волнений (ограничение автомобилизации и т.п.).	0,02	1	0,02
Общий показатель EFE	1		2,56

Для получения достоверной информации при пространственной трансформации города необходимо проводить оба анализа и объединять их результаты для обсуждения новых стратегий [7], [8]. Они особенно полезны при построении расширенного SWOT- анализа, матрицы IE. Как показано на Рис.1. для получения результатов, на IE-матрице по горизонтали откладывается общий показатель IFE, а по вертикали – общий показатель EFE, и находится точка пересечения значений показателей.

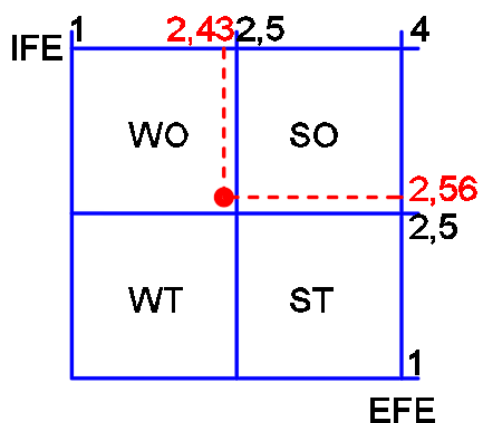


Рис. 1. Стратегия учета внутренних и внешних факторов (IE) устойчивого развития г. Ижевска на основе SWOT

где:

WO (Сл.В) мини-макси – стратегии, которые минимизируют слабые стороны, используя возможности.

SO (Си.В) макси-макси – стратегии, которые используют внутренние сильные стороны, чтобы максимизировать возможности.

WT (Сл.У) мини-мини – стратегии, которые минимизируют слабости, чтобы избежать угроз.

ST (Си.У) макси-мини – стратегии, которые используют сильные стороны, чтобы минимизировать угрозы.

На основе матрицы (IE) была принята стратегия WO (Сл.В) "мини-макси", которая основана на возможностях использования территории города при условии нивелирования слабых сторон. Некоторые важные решения по обеспечению устойчивости развития, основанные на результатах модели оценки SWOT-анализа, представлены в Табл. 5.

Таблица 5. Стратегии устойчивого развития г. Ижевска

Аспекты формирования среды жизнедеятельности	SWOT решения для структурного развития, полученные на основе модели оценки
Социально-культурные и экономические аспекты	Организация информационной компании по обсуждению градостроительных преобразований в городе.
	Укрепление национальной и городской идентичности горожан, посредством поддержки сообществ, мероприятий и создания знаковых мест.
	Использование прошлого территории как социально-культурной идентификатор горожан.
	Разнообразие типологии жилья в рамках одного района, квартала, как способ разнообразить качество наблюдателей за территорией.
	Поощрение работы городских сообществ для формирования важнейшего инструмента эффективного городского управления.
Экологические аспекты	Устройство рекреационных зон, с учетом уже существующей дендрологии.
	Внимательное и ответственное использование природной среды города.
	Поддержка неправительственных организаций и усиление их роли и ответственности в качестве символа коллективной поддержки сохранения зеленых насаждений, природных ресурсов и лесов в городе и его окрестностях.
	Модернизация производств, перенос основных загрязняющих объектов за пределы города.
	Использование природных процессов для достижения поставленных целей.
	Использование энергоэффективных, высокотехнологичных материалов, эмоционально прочных конструкций, соблюдение строительных норм и правил.
Аспекты управления пространственно-территориальным развитием	Создание, в управлении городом, эффективных бизнес-процессов с постоянным доходом, для устойчивой поддержки городской среды.
	Использование общемировых примеров и практик как основу для реализации градостроительных преобразований.
	Разработка механизмов сдерживания автомобилизации.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги исследования, можно сказать, что город имеет перспективы к устойчивому развитию, в большинстве своём, благодаря социальному капиталу с одной стороны, и уже имеющихся ресурсов с другой. На основании проведенного исследования и SWOT-матрицы определено, что для устойчивого развития г. Ижевска наиболее подходящей является стратегия «мини-макси», которая основана на минимизации слабых сторон, максимально используя возможности для устойчивого развития Ижевска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина Е.В. Развитие системы градостроительных регламентов для обеспечения устойчивого развития территорий / Евразийский союз ученых (ЕСУ), ежемесячный научный журнал. №5, -2015. - С.166-168.
2. Щербина Е.В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // Вестник ИрГТУ. -2014.-№ 11. - С. 183 - 186.
3. Щербина Е.В., Данилина Н.В., Маршалкович А.С. Научно-методические основы построения модуля «Проектирование устойчивой городской среды» в процессе обучения

бакалавров и магистров по направлению «Градостроительство»// Экология урбанизированных территорий, 2015.- №1.- С.70-74.

4. Щербина Е.В., Слепнев М.А. Особенности формирования базы данных национального парка Лосиный остров: Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Биосферносовместимые города и поселения Брянск: БГИТА.- 2012. - С.155-158.
5. Щербина Е.В., Слепнев М.А. Экологическое картографирование при градостроительном проектировании природно-антропогенных территориальных комплексов // Экология урбанизированных территорий.- 2016.- № 2. - С. 92-97.
6. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. – Москва: Архитектура, 2010.-183с.
7. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Урболандшафты Москвы и их пространственная трансформация // Экология урбанизированных территорий. - 2015. - № 2. С. 48-54.
8. Ильичев,В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационная практика в городах и доктрина градостроительства // «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». - 2014. - №3.- С.4-5.

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННОГО ЖИЛИЩА И СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПО ФОРМАМ СОБСТВЕННОСТИ

Л.А. Солодилова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26, usepo@mail.ru

Аннотация

В соответствии с Национальным проектом «Жилье и городская среда» к 2024 году должно быть введено до 120 миллионов квадратных метров жилой площади в год. Новое строительство осуществляется за счет возведения многоэтажных и высотных структур, которые отличаются однообразием и безликостью. Одна из причин сложившейся ситуации – безликость и самих форм собственности в многоквартирных жилых домах (МКД). Необходимо расширить типологию МКД на базе частно-коллективной собственности на правах объединения граждан в жилищно-строительные кооперативы или товарищества собственников жилья в целях получения пассивной прибыли от эффективного управления и самостоятельного распоряжения своим имуществом. Развитие частно-долевого предпринимательства между владельцами-собственниками логично приведет и к новым формам организации пространств, предназначенным для аренды коммерческих площадей и потребительского найма.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектурное качество фасадных решений многоквартирного жилища вызывает устойчивое ощущение однообразия и безликости. Одной из причин сложившейся ситуации является безликость и самих форм собственности, а точнее их смешивание. Смешанные формы собственности внутри МКД, когда квартиры в одном и том же жилом доме являются социальными и коммерческими, являются сегодня повсеместной практикой. Социальные квартиры выделяются определенным категориям граждан-льготников, являющихся очередниками на получение субсидированного/бесплатного жилья. Такое жилье является собственностью государственных или муниципальных органов власти. Коммерческие квартиры принадлежат гражданам, приобретающим квадратные метры за собственные средства по рыночной стоимости. Такие квартиры переходят в собственность покупателей, которые вправе ими распоряжаться по своему усмотрению: продавать, проживать на этой площади самим или сдавать ее под найм. Другими словами, под крышей одного МКД обитают одновременно ответственные квартиросъемщики-собственники, граждане, получившие квартиру по различным социальным программам, в том числе и по условиям реновации, а также одиночки или молодые семьи, вынужденные снимать жилье. Сложившаяся ситуация в ряде случаев создает общественное напряжение из-за невольного соседства с людьми разного социального статуса и положения. Такая ситуация сложилась еще в результате проводимой в 90-е годы XX века жилищной политики «О приватизации», что привело к появлению по существу муниципального МКД конгломерата [1] с приватизированными квартирами. Безликость форм собственности драматически нивелирует и внешний вид массовых МКД. Это особенно наглядно показывает новое жилищное строительство, представленное масштабным строительством в крупных мегаполисах. Эти и другие причины побуждают архитекторов к поиску более разнообразных объемно-планировочных решений, отражающих вид владения не отдельной квартиры, а всего жилого дома или комплекса с эффективным и грамотным управлением, гарантирующим высокое качество жизни. Такой подход определяет необходимость формирования новых форм к архитектурно-пространственной организации массовой застройки с учетом расширения видов частно-арендного предпринимательства и индивидуального самоуправления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрение вопросов архитектурного качества МКД совместно с задачами выбора форм собственности и эффективного управления вызвана комплексом требований:

- архитектурных, вызванных разрастанием масштабных жилых домов с их многократно повторяемыми объемно-пространственными и конструктивными элементами;
- функционально-планировочных, стимулирующих разработку доходного сектора жилища на правах кооперации и частно-арендного предпринимательства собственников жилья;
- социально-экономических, обусловленных масштабным и малоэффективным менеджментом со стороны управляющих компаний (УК), реже товариществ собственников жилья (ТСЖ) и жилищно-строительных кооперативов (ЖСК). Сложившаяся практика возведения сверхплотных и похожих на вертикальные «гетто» МКД, фактически ведет к невозможности полноценного управления со стороны самих жильцов, от которых часто и намеренно скрывается детализация расходных средств. Все это делает многоквартирный жилой фонд экономически неэффективным. Ещё на стадии растиражированного строительства таких масштабных структур девелоперами уже создаются свои управляющие компании, которые заинтересованы в увеличении тарифов и конечной целью которых является получение прибыли, в отличие от ТСЖ. В то время как ТСЖ заинтересованы в увеличении комфорта проживания без увеличения тарифов. [2] Потребности простых граждан, уже на стадии обсуждения проекта планировки территории (ППТ) — документа, устанавливающего зоны и параметры размещения объектов, - могут и должны быть учтены в предложениях девелоперов, застройщиков и инвесторов с их аффилированными управляющими компаниями [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сложившаяся ситуация определяет необходимость разукрупнения масштаба МКД и внедрения новых жилищных структур, дифференцированных по видам собственности:

- социальные (муниципальное арендное);
- коммерческие (кондоминиум² или кооператив).

Необходимы более разнообразные и сложные архитектурно-пространственные решения так называемой «наполняющей застройки» мало- и среднеэтажными домами, которые могут быть отнесены к «доходным» на базе частной или долевой собственности владельцев. На наш взгляд, одной из оптимальных форм содержания и управления МКД является возврат к кондоминиумам, функционально-планировочное решение которых может быть на законных основаниях направлено на возможность внесения доходных функций в существующие или вновь запроектированные и построенные объекты. Расширение номенклатуры основных зон и помещений доходной части МКД, в том числе и для сдачи внаем разным категориям граждан, поможет подчеркнуть разнообразие архитектурных решений. Объемно-пространственные решения таких домов, при условии полной изоляции входных зон и четкого функционального разделения на коммерческий (доходный) сектор и предназначенный только для проживания собственников, возможны не только при новом строительстве, но и в надстроенной, встроенно-пристроенной, и пристроенной к основному объему части здания путем возведения лестничного узла с глухого торца дома.

При грамотном эффективном самоуправлении такой сектор представляет собой доходную часть, отнесенную к возможности реализации частного предпринимательства граждан, скооперировавшихся с целью улучшения комфорта проживания и получения долевой прибыли от сдачи в аренду свободных площадей. Номенклатурный состав доходного сектора

²Кондоминиум (лат. *con* «вместе» + *dominium* «владение») — совместное обладание единой недвижимостью с целью управления, эксплуатации, технического и санитарного содержания МКД. Понятие кондоминиума было введено ФЗ-72 в 1996г. и с 1 марта 2005 года полностью исчезло из российского законодательства

может включать пространства и зоны для торговли, семейного отдыха, обучения и воспитания детей по месту жительства, а также сдачи внаем жилых площадей [4]. При этом доходная часть, выполняющая жилые функции, может использоваться для сдачи как кратковременно, так и на условиях долгосрочного найма, например, в координгах, где молодёжь снимает жильё с учетом предоставления услуг гостиничного сервиса со стороны владельцев-собственников. Строительство доходного сектора жилища поможет владельцам-собственникам получить дополнительные средства к пенсиям и улучшить технические условия по содержанию общедомового имущества, связанные с проведением текущих и капитальных ремонтов и благоустройства [1, 5, 6]. Жилые дома совместно-долевого владения на основе управления ТСЖ и (или) ЖСК с выделенным сектором для сдачи внаём и аренды могут функционировать как единый целостный элемент социально-пространственной и эстетической организации застройки, гармонично сочетающей условия для проживания и коммерческого обслуживания.

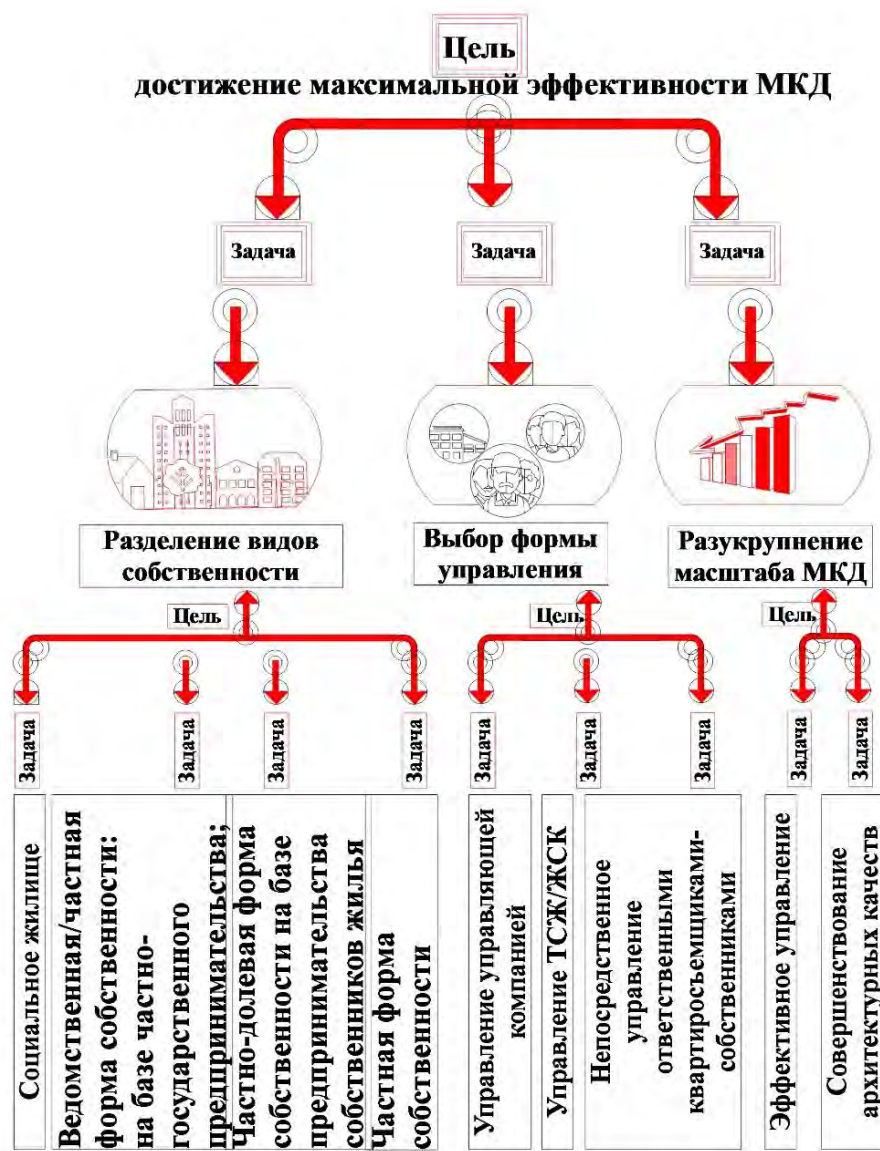


Рис.1. Алгоритм оценки экономической эффективности МКД

ВЫВОДЫ

Расширение типологии МКД за счет внедрения кондоминиумов и кооперативов с доходной частью и эффективным управлением может осуществляться с привлечением средств частно-арендного инвестирования. Этот способ диверсификации вложений может быть эффективным

не только для рядового собственника квартиры, но и для государства в целом, поскольку официально налоги на прибыль от сдачи свободных площадей в нашей стране до сих пор мало кто платит и по некоторым данным до 15% сдаваемого жилья скрывается. Таким образом, налогооблагаемая база государства может значительно пополниться за счет введения доходных МКД от владельцев-собственников, созданных по аналогии с государственными доходными домами [1,7].

Разделение форм собственности жилья на социальное (государственное) и коммерческое безусловно приведёт к новым формам организации пространств, что скажется положительно и на архитектурном облике всей застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов С.Н., Самошин В.С. Жилье в России: вчера, сегодня, завтра // М.:2013- С. 96.
2. Шахова Е.С. Товарищество собственников жилья: требуется ли повышение эффективности как способа управления жилым домом? //Журнал Российского права Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации. М. №5 (233). – 2016. - С. 55-64
3. Солодилова Л.А. Обеспечение коммерческой рентабельности строительства многоэтажных жилых комплексов для населения определенного социального статуса // в книге: Наука, Образование И Экспериментальное Проектирование // Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Московский архитектурный институт – 2014. – С. 360-361.
4. Дроздов И. А. Обслуживание жилых помещений //Гражданско-правовое регулирование. // Статут, 2006. С.236
5. Кириченко О.В. Доходные дома: история и современность // Современное право // Новый индекс. 2010.№1. С.143-147.
6. Каменева ЕА. К вопросу о развитии института эффективного собственника жилья. // Жилищное право:2006. № 8. С. 2-6.
7. Громова Е.Е., Силантьева А.Р. Архитектурный облик зданий и сооружений как важный компонент в городском строительстве // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» 2015. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017468>. Дата обращения: 27.09.2020

ПАМЯТНИКИ АРХИТЕКТУРЫ - КАК ДУХОВНОЕ НАСЛЕДИЕ НАРОДА

Б.С. Стригин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, StriginBS@mgsu.ru

Аннотация

В предлагаемой статье затронуты вопросы сохранения памятников культуры г. Москвы. Рассмотрены основные причины разрушения исторических памятников, вопросы финансирования реставрационных работ на объектах культурного наследия. Особое внимание уделено объектам религиозного назначения. На примере Храма Воскресения Христова в Кадашах рассмотрены причины, приводящие к утрате художественного воздействия памятника, даны рекомендации по сохранению храма- памятника и его исторической территории. Так например на территории, принадлежащей храму, в 2017-2018 гг. были снесены несколько зданий XVII-XVIII веков. На месте снесенных зданий возводятся офисные постройки, которые совершенно не вписываются в архитектуру храмового комплекса. К сожалению, из-за отсутствия у большинства граждан понимания исторической ценности памятников архитектуры, не было создано существенного противодействия сносу старинных зданий и возведению современных построек. Организованно вопросом защиты объектов культурного наследия России начали заниматься еще во времена СССР, на правительственном уровне. Для этого были составлены списки памятников истории и культуры. Был составлен реестр исторических городов, в который на начальном этапе в 1970 г. вошло 115 городов, в конце 1990-х список состоял из 545 городов, а на настоящее время их более 900. Но в связи с реорганизацией градостроительных институтов были утрачены профессиональные кадры. Началась бесконтрольная застройка в исторически сложившихся охранных зонах памятников архитектуры. В 10 раз был сокращен список исторических городов. Плюс к этому было сокращено финансирование на реставрацию и содержание как ансамблей, так и отдельных построек. В настоящее время финансирование ремонтно-реставрационных работ вошло в федеральную целевую программу "Культура России", в которую вошли объекты культурного наследия религиозного назначения. Для г.Москвы была разработана отдельная программа "Культура Москвы", которая вступила в действие с декабря 2011 года. В этой связи было выделено финансирование на восстановление только православных храмов 96,1 млн. рублей. К сожалению, выделенное финансирование не всегда рационально расходовалось. Так например, на обследованном автором статьи Храме Воскресения Христова в Кадашах, был проведен ряд работ без учета их технологической последовательности, что и является основной темой доклада (сообщения) на конференции. Так например были выполнены ландшафтные работы вокруг храма, а инженерные коммуникации не отремонтированы. В связи с этим значительная площадь ландшафта будет уничтожена. И такое явление наблюдается на многих объектах. Цель данной статьи - привлечь просвещенные круги общественности к этой актуальной во всех отношениях проблеме.

Памятники истории и архитектуры – это уникальная ценность любого города, которая является одновременно неотъемлемой частью всемирного культурного наследия. Архитектурные памятники придают любому городу неповторимый облик, самобытность, которые, в свою очередь, делают город известным. Став центральным элементом, объединяющим все составляющие данной территории города, архитектурный объект привлекает внимание как собственных жителей, так и туристов, повышает интерес к городу, что в дальнейшем конвертируется в его (города) доходы и приводит к улучшению качества городской среды, интеллектуальному развитию города, повышению уровня жизни коренного населения. В мировой практике используются самые разные способы интеграции

памятников в экономическую и духовную жизнь городов. Во всем мире туризм является традиционным способом капитализации объектов культурного наследия и возврата вложенных инвестиций. Являясь уникальной составляющей национальной культуры, архитектурные памятники не только несут историческую ценность, но и передают ее грядущим поколениям, а каждое последующее поколение должно сделать все, чтобы сохранить это историческое наследие для своих потомков.

«Москва — один из красивейших мировых центров — обязана этим преимуществом своей старине. Отнимите у Москвы старину, и она делается одним из безобразных русских городов» [1]. Эти слова, сказанные А.В. Щусевым ещё в 1927 году, не только не утратили своей актуальности, но стали пророческими. Мог ли предположить великий архитектор, что из Москвы не просто «уберут старину», оставив её хоть и безобразным, но все-таки русским городом, а заменят эту самобытную старину абсолютно чуждыми нашей культуре архитектурными монстрами, лишат неповторимой индивидуальности, которая формировалась веками.

Сегодня Москва – это мировой мегаполис, крупнейший в мире градостроительный проект, стремительно и непрерывно растущий и, очень часто теряющий своё культурно-историческое наследие и, в первую очередь, - знаковые национально-религиозные объекты: «...то там, то здесь в исторической части города исчезают памятники, вроде бы случайно, вроде бы невзначай, но, тем не менее, исчезает маленький кусочек нашей истории» [2]. Начинается реставрация памятника, затем ее подменяют реконструкцией, а реконструкция очень часто заканчивается сносом, и далее неминуемое новое строительство. Или: памятник доводится до аварийного состояния, а затем — сносится. Памятника нет — и никто не виноват.

Трагической назвал архитектурную историю Москвы историк архитектуры, профессор МАРХИ Юрий Герасимов. Исторические памятники сносили и в 20-е, и в 30-е, и в 60-е годы и, особенно, в 90-е, с приходом рыночной экономики. Облик православной Москвы безвозвратно изменился вопреки сохранению культурно- исторического наследия. В результате уже пострадали и потеряли свой исторический облик заповедные территории города: Кремль, Красная площадь, Китай-город. Никак не увязан с окружающей исторической застройкой Новый Арбат, вызывающий неприязненное отношение москвичей, которые вслед за писателем Юрием Нагибиным презрительно называют его «» вставной челюстью Москвы».

«У широких кругов общественности понимание ценности исторического наследия почти отсутствует, и почти никто не замечает, как происходит подмена подлинной, православной, художественной Москвы скопищем огромных строений в виде стометровых безликих гигантов, лишённых каких-либо признаков культурно- исторической преемственности» [3]. Вот почему вопрос сохранения объектов культурного наследия встал настолько остро, что если в ближайшее время не остановить уничтожение нашей истории, культуры, духовности через несколько десятилетий мы потеряем свои исторические корни в ближайшие десятилетия.

Вопросами защиты объектов культурного наследия в России стали заниматься сравнительно недавно, хотя свод памятников был разработан правительством СССР уже после Великой Отечественной войны. списки памятников истории и культуры начали формироваться в 60-х годах прошлого века. В это время реальную силу представляло общество охраны памятников. 1 марта 1979 года вступил в действие закон СССР «Об охране и использовании памятников истории и культуры».

И если в конце 70-х годов прошлого века было выявлено и внесено в реестр 115 исторических городов, то в 1990 году в этот список насчитывал уже 545 исторических городов и населённых пунктов. В настоящее время их более 900. Разработано около 150 проектов охранных зон и 120 генпланов городов. Около 40 % этих проектов были согласованы с Министерством культуры РФ, но утверждены из них только 5 % (при

плановой системе финансирования из госбюджета). Начиная с 1991 года, после государственного реформирования, финансирование разработанных проектов уменьшено в 3-4 раза. Это привело к тому, что органы власти областей и городов оставлены без государственной поддержки в вопросах охраны исторического наследия. А ведь сохранение памятников истории и архитектуры предполагает в первую очередь государственное финансирование и является, прежде всего, задачей государства.

В настоящее время основным программным документом, регулирующим финансирование ремонтно-реставрационных работ на объектах культурного наследия, является федеральная целевая программа «Культура России» разработанная до 2020 года, в которой наибольший удельный вес объема финансирования (около 95 %) приходится на объекты культурного наследия религиозного назначения. Для сохранения объектов культурного наследия в городе Москве разработана государственная программа города Москвы «Культура Москвы». С 28 декабря 2011 года вступила в действие программа предоставления субсидий религиозным организациям в соответствии с постановлением Правительства Москвы № 646-ПП.

Несмотря на то, что объёмы финансирования растущих из года в год, средств, выделяемых из федерального бюджета на восстановление объектов культуры, в том числе религиозного назначения, не хватает, т. к. они составляют одну десятую часть от необходимого объёма финансирования. Около 30 % объектов культурного наследия, в т.ч. религиозного назначения в ожидании реставрации приходят в аварийное состояние и разрушаются. Каждый день «умирают» 1-3 памятника, и это свидетельство катастрофического состояния нашей национальной культуры. И мало кто задумывается, что храм — это не просто памятник истории и архитектуры, а, прежде всего, - памятник нашего духовного наследия. Поэтому вопросам сохранения этой категории объектов культурного наследия необходимо уделять исключительное внимание. Недостаток финансирования — это огромная государственная проблема, приводящая, как правило, к «физической смерти» памятника, помимо неё существует понятие его «моральной смерти», когда храм, лишенный своего исторического пространства, оказывается «заживо замурованным» и утратившим свое художественное воздействие. Эта участь уже постигла многие храмы Москвы и продолжает представлять опасность, напрямую связанную с нарушением российского законодательства. Более десяти лет продолжается борьба за сохранение уникального памятника архитектуры, «..жемчужины Москвы» — храма Воскресения Христова в Кадашах, который представляет московское барокко конца XVII века, и занимает первостепенное место среди храмов Замоскворечья, входит в ансамбль Московского Кремля, заповедная зона которого стоит на учете в ЮНЕСКО (рис. 1). В обследовании фундаментов и конструкций этого храма принимал непосредственное участие автор данной статьи.



а)



б)

Рис. 1. Храм Воскресения Христова в Кадашах: а) XIX в.; б) XXI в.

Активная застройка квартала, на территории которого находится храм, начавшаяся в 90-е годы прошлого века, привела к уничтожению сквозного характера застройки и закрыла обзор

памятника. Новые здания абсолютно не соответствуют архитектурному стилю квартала. Далее начались проектные разработки на участках, в непосредственной близости к территории, принадлежащей храму. Появился проект строительства крупномасштабного комплекса с многоэтажным жильём и подземными гаражами, перечеркивающий все рекомендации по сохранению доминирующей роли храма и дробного характера застройки. Общественность города Москвы и приход храма, стоящие на защите памятника, ценой огромных усилий добились исполнения закона: установлены границы памятника, уточняется охранная зона, на которой по закону запрещено любое новое строительство, допускается только регенерация, а вот археологические исследования должны производиться обязательно и в соответствии с охранным обязательством.

Для того чтобы храм Воскресения Христова в Кадашах занял достойное место в «Замоскворечье» необходимо:

- сохранив малоэтажную застройку, подчеркнуть доминирующую роль храма, сохранив масштабные соотношения;
- обеспечить доступность всего квартала для жителей города;
- сохранившиеся исторические здания использовать с обновлённым функциональным назначением;
- переориентировать учреждения, расположенные в квартале в основном на музейно-просветительскую деятельность;
- включить Кадашевские переулки и тупик в пешеходную зону Третьяковской галереи.

Необходимо так же:

- при разработке строительных проектов учитывать, что любой контраст старого и нового должен быть художественно организован;
- учесть социально-нравственные запреты на соседство памятников национальной культуры с увеселительными заведениями, злачными местами, рынками, ресторанами и т.п.

Альтернативный проект развития квартала вокруг храма Воскресения Христова в Кадашах разработан коллективом архитекторов под руководством Канаева И.П. Данный проект предполагает регенерацию квартала и приспособление зданий под современные функции.

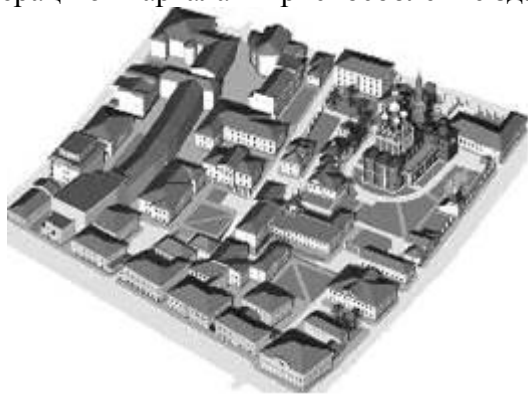


Рис. 2. Альтернативный проект развития квартала вокруг храма Воскресения Христова в Кадашах (архитектор Канаев И.П.)

Вопрос, обсуждаемый в данной статье, состоит не только в защите конкретного памятника, а в ситуации вокруг всех памятников, нуждающихся в защите и охране, и заключается он в требовании исполнения закона с одной стороны и в их игнорировании — с другой. Ведь аналогичная проблема, рассмотренная в отношении храма Воскресения Христова в Кадашах, стоит перед многими храмами Москвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов Д.П. Большая Ордынка. Прогулка по Замоскворечью. — М.: Центрполиграф, 2012. — 379 с.
2. Святенко И.Ю. Вступительное слово // Первые Кадашевские чтения. — М.: изд-во ОРПК «Кадашевская слобода», 2007. — С. 8—10.

3. Салтыков А. Вступление // Кадашевские чтения: сборник докладов конференции. Выпуск XV. — М.: изд-во ОРПК «Кадашевская слобода», 2014. — С. 3.
4. Локтев В.И. Некоторые теоретические проблемы охраны памятников архитектуры
5. // Первые Кадашевские чтения. — М.: изд-во ОРПК «Кадашевская слобода», 2007. — С. 102-105.
6. Федеральная Целевая Программа «Культура России» (2012—2018 гг.). URL: <http://fcpkultura.ru/new.php?id=9> (дата обращения: 22.12.2015).
7. Государственная программа города Москвы «Культура Москвы». URL: <http://base.yarant.ru/397755/> (дата обращения: 25.12.2015).
8. Постановление Правительства Москвы № 646-ПП. URL: <https://www.mos.ru/documents/?id=4129342> (дата обращения: 25.12.2015).
9. Об итогах выполнения мероприятий по реставрации памятников в городе Москве в 2014 году и задачах на 2015 год. URL: <http://dkn.mos.ru/presscenter/presentations.pdf> (дата обращения: 26.12.2015).
10. Проведение ремонтных и реставрационных работ на объектах культурного наследия религиозного назначения за счёт средств городского бюджета 2011-2015 гг. URL: <http://www.slideshare.net/Darinal70488/2015-45748352> (дата обращения: 26.12.2015).
11. URL: <http://www.ikanaev.ru/album/Kadas-14.html> (дата обращения: 29.12.2015).
12. Кадаши: продолжение истории. URL: <http://archi.ru/russia/49823/kadashi-prodolzhenieistorii> (дата обращения: 29.12.2015).
13. URL: <http://www.ikanaev.ru/album/Kadas-7.html> (дата обращения: 29.12.2015).
14. Саратовская Е.П. Краткий обзор работ архитекторов на территории 401-го квартала Кадашевской слободы // Первые Кадашевские чтения. М.: изд-во ОРПК «Кадашевская слобода», 2007—. С. 47-71.
15. Охрана храма памятника. URL: <http://www.kadashi.ru/kadashi-v-opasnosti/okhrana-khrama-pamyatnika.html> (дата обращения: 29.12.2015)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНА МОСКВЫ МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ПЫЛИ ВБЛИЗИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Е.В. Сысоева¹, М.О. Гельманова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹SysoevaEV@mgsu.ru

²margo.gelmanova@yandex.ru

Аннотация

Проблема загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами пыли PM_{2,5} представляет большую опасность для здоровья населения крупных городов, особенно вблизи мест с развитым транспортным движением. Выбросы транспортных средств, как правило, являются основным источником загрязнения воздуха в городских районах.

Мелкодисперсные частицы PM_{2,5} являются одним из наиболее важных компонентов выбросов в дорожном движении. Образующиеся в результате процесса сжигания топлива в транспортных средствах и ресуспензии дорожной пыли мелкодисперсные частицы способствуют ухудшению качества воздуха и оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье населения центральных городов. Концентрации PM_{2,5}, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) PM_{2,5}, возникают в густонаселенных городских районах с плохой аэрацией и высокой интенсивностью транспортного движения. Разработка и анализ эффективных методов по борьбе с пылевым воздействием являются приоритетными задачами.

В данной работе проведено моделирование динамики воздушных потоков и зоны распространения мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} в районе Москвы с учетом внешних нестационарных факторов на базе специализированного программно-вычислительного комплекса ENVI-met при использовании метода вычислительного гидродинамического анализа. В статье приведены результаты исследований по содержанию концентраций мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} на территории района Москвы. Полученные схемы рассеивания PM_{2,5} на территории исследования показывают, что концентрации мелкодисперсных частиц PM_{2,5} сосредоточены вдоль дорог с относительно быстрым разбавлением по ветру. Менее чем в 10 метрах от проезжей части концентрация PM_{2,5} падает на 1,5 мкг/м³ и более. В дальнейших исследованиях предлагается увеличивать площадь озелененных зон, в т.ч. при устройстве озеленения крыш существующих зданий, вблизи участков с наибольшими концентрациями мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} для минимизации их содержания в атмосферном воздухе.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительные темпы индустриализации, постоянное увеличение численности населения, увеличение численности транспортных средств и плотности движения, уменьшение площади озелененных территорий в Москве приводят к значительному загрязнению окружающей среды на данной территории, в частности, к значительному увеличению концентраций мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} в воздушной среде.

Проблема загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами пыли PM_{2,5} представляет большую опасность для здоровья населения крупных городов [1-4], особенно вблизи мест с развитым транспортным движением. Всемирной организацией здравоохранения взвешенные частицы, особенно мелкодисперсные частицы пыли размером менее 10 мкм, отнесены к приоритетным загрязняющим веществам, поступающим в атмосферный воздух, по уровню влияния на здоровье населения [5, 6]. Мелкодисперсные частицы PM_{2,5} являются одним из наиболее важных компонентов выбросов в дорожном движении. Мелкодисперсные частицы состоят из частиц различных веществ (сажи, соединений тяжелых металлов и т.д.) диаметром

2,5 мкм и менее, состав которых варьируется в зависимости от близости автомобильных дорог, строительных площадок, близости и специфики промышленных предприятий. Выбросы транспортных средств, как правило, являются основным источником загрязнения воздуха в городских районах. Химический состав PM_{2,5} в таком случае может включать частицы бенз(а)пирена, сажи и десятка других токсичных веществ. Образующиеся в результате процесса сжигания топлива в транспортных средствах и ресуспензии дорожной пыли мелкодисперсные частицы способствуют ухудшению качества воздуха и оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье населения центральных городов. Концентрации PM_{2,5}, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) PM_{2,5}, возникают в густонаселенных городских районах с плохой аэрацией и высокой интенсивностью транспортного движения.

Требования к ПДК мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} в воздухе установлены в официальном документе Российской Федерации с 2010г.: среднесуточная ПДК PM_{2,5} составляет 0,035 мг/м³, максимальная разовая – 0,16 мг/м³, среднегодовая – 0,025 мг/м³[7]. В руководстве ВОЗ показатель среднесуточной ПДК PM_{2,5} составляет 0,025 мг/м³, среднегодовой - 0,01 мг/м³[8]. Прогнозирование и экологический мониторинг пылевого загрязнения воздушной среды, разработка и анализ эффективных методов уменьшения концентраций мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} являются приоритетными задачами в настоящее время.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использованы такие научные методы исследования, как: аналитическое обобщение и систематизация опыта отечественных и зарубежных исследований, изложенных в научных исследованиях и специальной литературе, метод гидродинамического анализа (CFD) для моделирования пылевого загрязнения Московского региона.

Моделирование выполняется с использованием трехмерной 3D-модели с помощью вычислительного гидродинамического анализа в программе ENVI-met, которая подходит для моделирования различных процессов в пограничном слое земли, таких как: распределение потоков ветра, турбулентность, моделирование микроклимата и рассеивание загрязняющих веществ в воздушной среде (пыль, реактивные и неактивные газы). В этом исследовании была применена версия ENVI-met V4.4.5 для моделирования анализа пылевых загрязнений мелкодисперсными частицами PM_{2,5} на территории Москвы с использованием данных метеостанции для сравнения. В качестве CFD-модели ENVI-met численно решает уравнения распределения воздушных потоков в сетчатой области, учитывающей свойства городской поверхности, топологию зданий, местоположение и тип растительности. Моделирование позволяет получить оценку характера трехмерных полей ветра, турбулентности, температуры и влажности в заданной области, а также результаты по рассеиванию выбросов PM_{2,5} от различных типов источников. С помощью вычислительного гидродинамического анализа CFD, как ожидается, будет создана методика по прогнозированию пылевого загрязнения

в городе с учетом влияния соотношения озелененных территорий на крышах зданий.

Территория исследования находится в Южном административном округе Москвы, к ней прилегают 2 трассы с интенсивным транспортным потоком: Варшавское шоссе и Симферопольский бульвар (рис. 1). Выбор территории обусловлен высокими концентрациями мелкодисперсных частиц PM_{2,5}, полученными от ближайшей метеостанции (табл. 1).

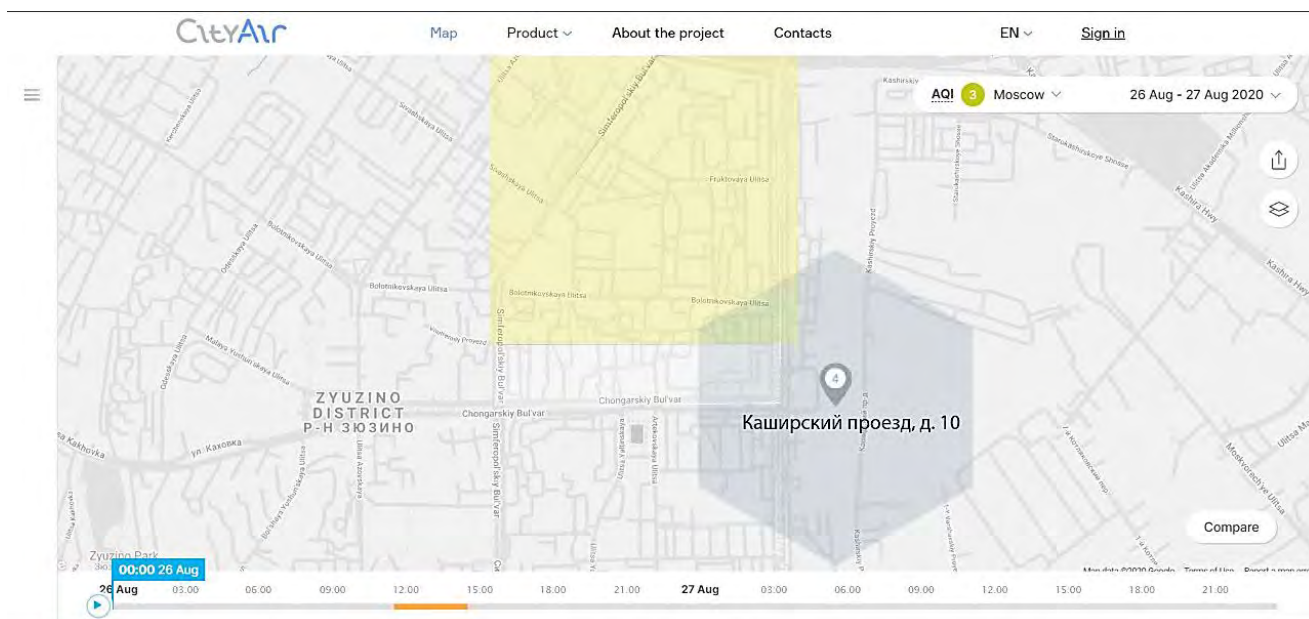


Рис. 1. Схема расположения территории исследования относительно существующей метеостанции

Таблица 1. Показатели, полученные с метеостанции по адресу: Каширский проезд, д.10

Время, ч.	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
PM_{2,5} ср, мкг/м³	30	29	32	39	33	35	33	34	10	4	5	15
PM_{2,5}max, мкг/м³	54,80	29,50	40,60	38,50	43,70	34,90	46,80	34,00	12,60	13,20	136,90	15,20
T, °C	21	19	18	18	18	20	20	20	17	17	17	16
Влажность, %	84	100	100	100	100	93	96	99	100	95	91	100

На территории исследования располагается жилая и общественная застройки этажностью до 15 этажей, причем преобладает малоэтажная и среднеэтажная застройки, их площадь составляет $S=0,9097 \text{ км}^2$ (74% от всей площади застройки), площадь многоэтажной застройки $S=0,3202 \text{ км}^2$ (рис. 2).

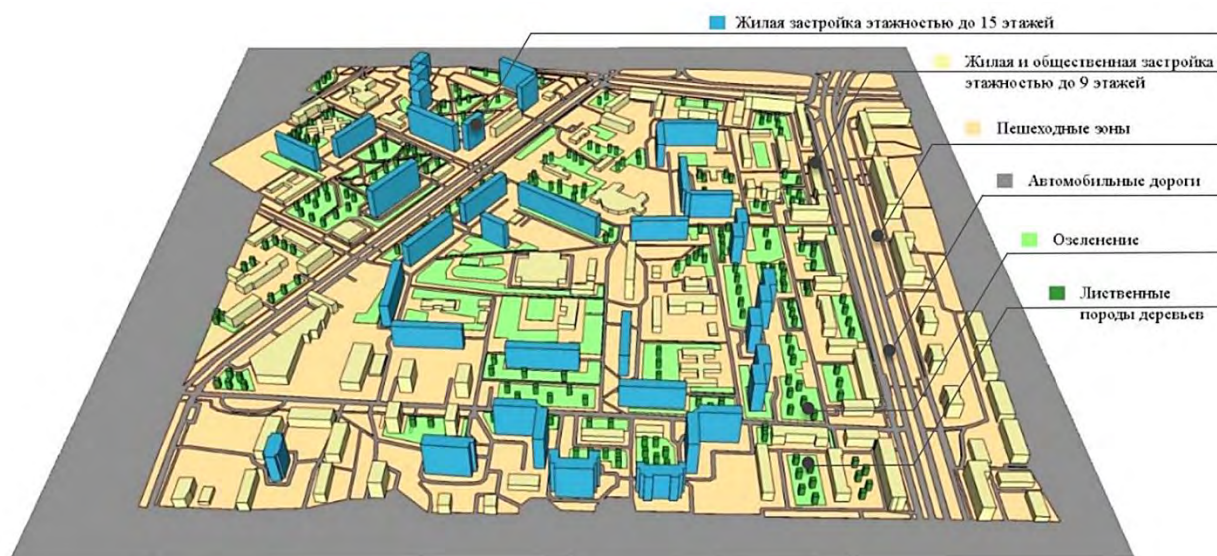


Рис. 2. Трехмерная модель территории исследования

Проведено моделирование динамики воздушных потоков и зоны распространения мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} в районе Москвы с учетом внешних нестационарных факторов на базе специализированного программно-вычислительного комплекса ENVI-met при использовании метода вычислительного гидродинамического анализа. Для этой работы был выбран 2хчасовой период, а для актуализации был выполнен перерасчет для 26.08.2020, использованы доступные погодные данные температуры, влажности, скорости и направления ветра. Параметры модели в ENVI-met представлены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры модели в ENVI-met

Основные параметры модели		Размер имитационной модели, м	1300 x 1200 x 244
Дата моделирования	26.08.2020	Размер модели (количество сеток в направлении xyz), м	151 x 140 x 40
Продолжительность моделирования	20:00-22:00	Размер ячейки сетки dx, dy, dz, м	3 x 3 x 3
Скорость ветра v, измеренная на высоте 10 м, м/с	4,05	Географическое положение (широта, долгота)	55.65, 37.60
Направление ветра	Западный, юго-западный	Вложенные сетки	8
Начальная температура атмосферного воздуха t, °C	21	Метод генерации вертикальной сетки	Эквидистантный
Минимальная температура t _{min} , °C	16	Часовой пояс	GMT +3
Максимальная температура t _{max} , °C	21		

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен расчет по вычислению рассеивания мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} в ENVI-met (рис. 3, рис. 4).



Рис. 3. Входные файлы области для ENVI-met

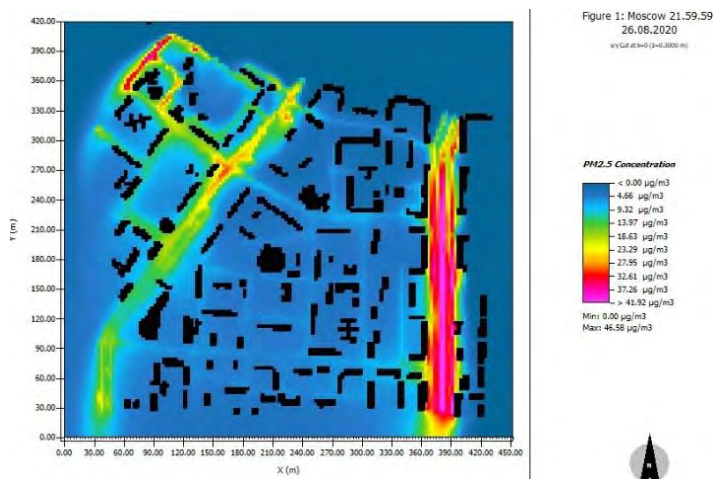


Рис. 4. Результирующие концентрации PM_{2,5}

На рис. 4 показаны результирующие концентрации PM_{2,5}. Результаты, полученные в ходе моделирования, наглядно демонстрируют сложные схемы рассеивания мелкодисперсных частиц вдоль дорог и вокруг зданий.

Как показывают эти результаты, загрязнение остается сильно концентрированным вдоль дорог с относительно быстрым разбавлением по ветру. Менее чем в 10 метрах от проезжей части (сетка на карте имеет размеры 3м x 3м) концентрация PM_{2,5} падает на 1,5 мкг/м³ и более.

ВЫВОДЫ

На данной территории исследования основным источником формирования PM_{2,5} являются выхлопные выбросы от автотранспорта и дорожная пыль. Транспорт в данном случае является единственным крупным источником образования PM_{2,5}, способствующим высоким концентрациям в этом районе.

В дальнейших исследованиях предлагается увеличивать площадь озелененных зон, в т.ч. при устройстве озеленения крыш существующих зданий, вблизи участков с наибольшими концентрациями мелкодисперсных частиц пыли PM_{2,5} для минимизации их содержания в атмосферном воздухе. Увеличение площади зеленых насаждений в крупных городах - один из способов фиторемедиации атмосферного воздуха от этих загрязнителей, а в условиях высокой плотности застройки, когда невозможно выделить свободное пространство под зеленые зоны, исключительным решением является проектирование зеленых крыш в покрытии существующих зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калаева С.З., Муратова К.М., Чистяков Я.В., Чеботарев П.В. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2016. Вып. 3. 40-63.
2. Уланова Т.С., Антипова М.В., Волкова М.В., Гилёва М.И. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог // Анализ риска здоровью. 2016. №4. 38-45. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.05.
3. Лим Т.Е., Недре А.Ю., Недре Ю.А. Анализ заболеваемости болезнями органов дыхания взрослого населения Санкт-Петербурга в зависимости от качества атмосферного воздуха // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 1 (250). 26–28.
4. Лим Т.Е., Чернявская И.В. Оценка риска для здоровья населения от воздействия выбросов автотранспорта // Санитарный врач. 2014. № 9. 12-15.

5. Report "WHO Recommendations on air quality concerning particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global updated data". Geneva: WHO regional office for Europe, 27 (2016).
6. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Всемирная организация здравоохранения, 2013. 20.
7. ГН 2.1.6.2604-10. Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Электронный ресурс] / Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19.04.2010 г. № 26. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902216601> (дата обращения: 18.10.2016).
8. World Health Organization (WHO). Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, 496 (2005).

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ «ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ» В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РОССИИ В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ СЕЗОНЫ

Е.В. Сысоева¹, И.В. Морозов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26,

¹SysoevaEV@mgsu.ru

²ya.morozik14@yandex.ru

Аннотация

Рост численности населения, потребность в разработке новых требований повышения уровня жизни, развития городской инфраструктуры и задний заставляют затрагивать тему сохранения природы и биоразнообразия. В концепции В.А. Ильичева выделено 9 принципов, необходимых для формирования в городах биосферосовместимой территории, одним из которых является выстраивание гармоничных отношений в системе «человек-природа», что тем самым обеспечит «связь с природой». «Зеленое» строительство минимизирует воздействие строительства на природу и климатическую обстановку, препятствует увеличению дефицита ресурсного потенциала страны, способствуя улучшению здоровья горожан.

Данная статья ориентирована на оценку возможности внедрения «зеленых крыш» на территории России в разных климатических районах и подрайонах, с учетом их особенностей в летний и зимний периоды. В работе анализируются способы устранения сдерживающих факторов эксплуатации системного решения для создания программ территориального биоразнообразия. Статья содержит информацию о преимущественных сторонах устройства. Спроектированные и установленные крыши оказывают положительное влияние на городскую среду, кроме того препятствуют развитию городского острова тепла.

Хронологическая последовательность установки «зеленых» крыш способствует выстраиванию взаимосвязи между их устройством и местными климатическими особенностями. Объектом анализа выбрано системное решение «ТН-КРОВЛЯ Грин» с экстенсивным типом озеленения. Проведена оценка возможности работы «зеленой крыши» в разных климатических районах России в летний и зимний периоды.

На основе сделанных расчетов получена оценка энергоэффективности рассмотренного решения в летний и зимний периоды. Конечные результаты демонстрируют возможность эксплуатации крыши в отличающихся между собой климатических подрайонах при толщине питательного слоя 100 мм. Полученные данные могут использоваться для разработки рекомендаций и предложений по устройству зеленых крыш на территориях с различными климатическими условиями. Тема исследования будет продолжена в направлении оценки прочностных параметров системного решения в российских условиях.

ВВЕДЕНИЕ

В интересах всех стран мира разрабатывать комплекс мероприятий по улучшению экологической обстановки. Территориальные городские границы неуклонно возрастают, расширяется их собственная периферия [1]. Отчетные статистические данные, представленные Организацией Объединенных Наций (ООН), прогнозируют увеличение урбанизации в развитых странах к 2030 году до 83 %, что станет следствием возникновения проблем с экологией на глобальном уровне [2].

На текущий момент урбанизация пропорциональна рыночному спросу на приобретение новых жилых площадей. Данные ООН свидетельствуют, что порядка 40 % общемировых нужд в первичной энергии затрачиваются на строительство и обслуживание зданий, а выбрасываемых парниковых газов на них приходится около 33%. Ограничить глобальное потепление возможно при сокращении потребления энергетических ресурсов [4,5].


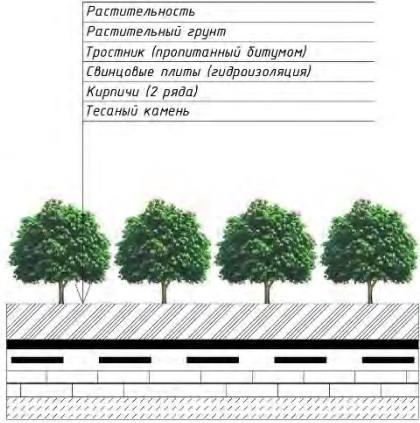
Разработка мероприятий по внедрению программ и использование экологически чистых компонентов станут результатом снижения энергопотребления зданий. Крыши составляют значительную часть городского пространства. Строительство новых зданий с применением озеленяемой крыши или реконструкция существующих позволит восстановить «зеленую» зону на застраиваемом участке земли. Спроектированные и установленные «зеленые» крыши окажут положительное влияние на городскую среду и будут препятствовать развитию городского острова тепла [6,7].


Использование травы и растений на крыше прослеживается в условиях разной климатической обстановки. Единым всегда оставалось основное функциональное назначение: строительный или теплоизолирующий элемент с возможностью снизить последствия от воздействия высоких температур. «Зеленые крыши» ценились за превосходные изоляционные качества комбинированного растительного и почвенного слоев (дерна). В холодном климате они помогали удерживать тепло в здании, а в теплом климате наоборот защищали от жары [13,14].


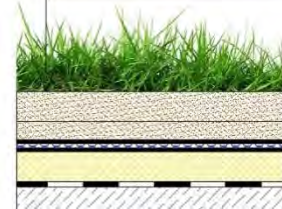
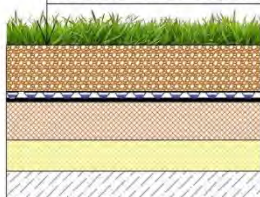
Вариант современного исполнения «зеленых крыш» представляет собой послойную систему, расположенную над крышей для поддержания питательной среды (субстрата) и растительности. Системное решение получила широкое распространение на территории Германии. В последние годы активную политику по внедрению озелененной крыши проводит США.

В таблице 1 содержатся иллюстрации конструкций крыш в разные исторические периоды, чтобы проследить изменения в послойном строении.

Таблица 1. История изменения конструктивного строения «зеленых крыш»

Название	Описание	Иллюстрация
Древний мир (период до нашей эры)		
Дерновые крыши (первый этап) и прерии	На стропилах, имеющих уклон 30°, предусматривалось размещение основы, выполненной из плетеной ивы или орешника. На подготовку производилась укладка трёх слоев березовой коры, из которых финальный слой воспринимал нагрузку от дерна. Дёрн укладывался в два слоя – первый (нижний) растительным слоем вниз, второй – наоборот.	 <p>Дёрн (растительностью вверх) Дёрн (растительностью вниз) Березовая кора, 3 слоя Плетеная ива (или орешник)</p>
«Висячие сады Семирамиды»	Висящий сад напоминал пирамиду и состоял из нескольких террас, находящихся одна выше другой, тем самым создавая впечатление массивных зеленых ступеней. Уровень высотной отметки верхней террасы относительно земли достигал 25 м. Особый интерес вызывает восстановленная конструкция покрытия, имеющая в своём составе тесанный камень, два ряда кирпича и свинцовые плиты, выполняющие роль гидроизоляционного материала. По данным плитам производилась укладка тростника, предварительно пропитанного в битуме, а верхняя часть заполнялась растительным грунтом.	 <p>Растительность Растительный грунт Тростник (пропитанный битумом) Свинцовые плиты (гидроизоляция) Кирпичи (2 ряда) Тесанный камень</p>

XVII в.		
<p>Дерновые крыши (второй этап)</p>	<p>Типичная дерновая крыша опиралась на основание из кедровых балок и стропил. Поверх укладывались три слоя органических материалов: дикая слива или черноплодная рябина, дикая трава, тонкая глина или гипс. Наружная составляющая кровельного покрытия – дерн. Расположение дерна должно было осуществляться «травой вверх, чтобы он продолжал расти, восстанавливать корни, формировать защитный слой травы и предотвращать эрозию».</p>	 <p> <i>Растительный слой</i> <i>Почва</i> <i>Тонкая глина/гипс</i> <i>Дикая слива</i> <i>Дикая слива/черноплодная рябина</i> <i>Кедровые балки и стропила</i> </p>
XVIII – XIX вв.		
<p>Природная крыша Карла Рабица с вулканическим цементом</p>	<p>Плоская крыша имела строение: бетонная заливка в деревянной опалубке совместно с изолирующим слоем; битумный цемент, вулканический цемент, представляющий собой смесь портландцемента (обожженный известняк + глина) и вулканических пород с гравием; почва; растения, деревья, овощи.</p> <p>Главное, Карл Рабиц понимал суть изолирующего эффекта. В 1867 году рекомендации берлинского строителя сводятся к выбору: подходящей основы, изоляционного материала, слоя гумуса, варианта орошения, защитных мероприятий от ветровых воздействий и иное.</p>	 <p> <i>Растительный слой</i> <i>Почва</i> <i>Вулканический цемент (обожженный известняк+глина)</i> <i>Упругий слой цемента (на основе битума)</i> <i>Изоляционный слой</i> <i>Бетонная заливка в деревянной опалубке</i> </p> <p> <i>Зона для встреч</i> <i>Посадочная зона</i> </p>
Первая половина XX века		
<p>Общее исполнение с 1940-х по 1960-е годы</p>	<p>Значительные успехи в «зеленых крышах» выпали на XX век. В разные годы первой половины XX века применялись разные материалы: мембрана защищена песчано-цементной стяжкой с гравийным дренажным слоем, покрытым стеганным стекловолокном, слоем торфа и верхним слоем почвы.</p>	 <p> <i>Растительный слой</i> <i>Верхний слой почвы</i> <i>Торф</i> <i>Стеганное стекловолокно</i> <i>Гравийный дренаж</i> <i>Цементно-песчанная стяжка</i> <i>Мембрана</i> <i>Бетонное основание</i> </p>

Вторая половина XX века		
Общее исполнение в 1960-е годы	Во второй половине XX строение «зеленых крыш» имело следующую последовательность располагающихся слоев: традиционная – мембрана, покрытая экструдированным полистирольным изоляционным слоем и дренажным слоем 'геса', который покрыт геотекстилем и модифицированным верхним слоем почвы.	<ul style="list-style-type: none"> Растительный слой Модифицированный слой почвы Геотекстиль Дренаж "геса" Экструзионный полистирол Мембрана Бетонное основание 
Начало XXI века – настоящее время		
«Калифорнийская академия наук»	Исторический период в целом отличается активной интеграцией «зеленых крыш» в городскую застройку относительно предыдущих. Конструкция крыши предоставляет уникальные возможности для исследований, поскольку разные растения и их корневые системы по-разному реагируют на наклон купола. Конструкционные слои (снизу – вверх): термопластиковая гидроизоляция; утеплитель пенополистирол; виниловый защитный слой; пластмассовый дренажный слой; листовой полипропиленовый фильтр; дополнительный слой почвы; биоразлагаемые лотки; около 80 видов растений	<ul style="list-style-type: none"> Растительный слой (80 разновидностей) Биоразлагаемые лотки (почва) Дополнительный слой почвы Фильтрующий слой на основе полипропилена Пластиковый дренажный слой Виниловый защитный слой Изоляция на основе полистирола Термопластиковая гидроизоляция Железобетонное основание 
Экспериментальная установка: г. Москва, ул. Шереметьевская, 34	Экспериментальная установка, созданная в 2009 году, позволяет лучше понимать работу экстенсивного типа крыш. Толщина субстрационного слоя составляет не более 12 см. На крыше 1 раз в год проводят экскурсии, потому как подобный тип не предполагает нахождения людей. Слои экспериментальной установки имеют следующую последовательность (снизу – вверх): изоляционный материал в 2 слоя; противокорневая защита; дренаж; фильтрующая мембрана; керамзитовый субстрат; посадка седумно-злакового разнотравья с небольшим добавлением цветов.	<ul style="list-style-type: none"> Растительный слой (седумно-злаковый) Керамзитовый субстрат, 120мм Фильтрующая мембрана Дренаж Противокорневая защита Второй слой теплоизоляционного материала Первый слой теплоизоляционного материала Железобетонное основание 

История озеленения крыш на территории России началась с XVII века, но не как вариант массового применения среди отечественного населения, а как способ демонстрации роскоши и достатка. Отправной точкой использования именно экстенсивного типа «зеленых крыш» в России можно считать 1999 год, когда начали проводиться исследования различных видов растительности [15].

Озеленение крыши в современном системном исполнении началось в Германии во второй половине XX века. Формирование нормативной базы, заключающееся в разработках стандартизированного метода установки «зеленых крыш» и общих руководящих принципов труда, а также следование данным правилам, инициативам и организациям, стало следствием создания 1 000 000 000 фут² (92 903 040 м²) площади «зеленого» покрытия. Влияющими факторами стали разработка нормативной документации FLL и основание организации FVB. Третья часть общего количества немецких городов имеют нормативные акты, поддерживающие технологию «зеленых крыш». Большинство элементов FLL – это часть мировых нормативных принципов (FM Global, ASTM, NRCA, SPRI и др.).

Тема статьи связана с применением концепции В.А. Ильичева о создании биосферосовместимой территории. Основа концептуальной идеи: единице Техносферы должна соответствовать единица Биосферы. Это базисный принцип выстраивания взаимовыгодных отношений взамен нерациональным и регрессивным [9,10]. Энергоэффективность зданий – это компромиссный шаг в единении с Природой. Российская Академия Архитектуры и Строительных Наук (РААСН) на общем Собрании в 2011 году, проводимом в г. Орле, обсуждали тему адаптации «зеленых» стандартов в практике и затрагивали вопросы проблемы проектирования зданий. Так, для России актуальным становится естественный параметр окружающей среды – климатические условия [11,12]. В таком случае вопрос, поднимающийся в статье, можно сформулировать следующим образом: возможно ли создать методику проектирования энергоэффективных зданий в разных климатических подрайонах России?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На этапе исследования были произведены теплотехнические расчёты двух покрытий. Задача заключалась в определении возможности работы «зеленой крыши», находящейся в разных климатических районах России. Влияние сезонных температур на озелененное покрытие оценивалось для 6 разных городов, находящихся в разных климатических зонах: Ростов-на-Дону (ШВ), Москва (ШВ), Санкт-Петербург (ИД), Астрахань (IVГ), Сочи (ИБ) и Ханты-Мансийск (ШВ).

Конструкция «традиционной» плоской крыши представлена следующими слоями: железобетонная плита перекрытия (200 мм), пароизоляция, теплоизоляция (для каждого города значение отличается в виду климата), цементно-песчаная стяжка (50 мм) и гидроизоляция.

В качестве исследуемой «зеленой» конструкции было принято системное решение «ГН-КРОВЛЯ Грин», включающее в себя: железобетонную плиту (220 мм), уклонообразующий слой из керамзитового гравия (80 мм); армированную цементно-песчаную стяжку (50 мм), праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01, техноэласт ЭПП, техноэласт ГРИН П, иглопробивной геотекстиль ТехноНИКОЛЬ, экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300 (100 мм), Геотекстиль термообработанный, профилированную мембрану PLANTER geo, субстрат Цирхум (100 мм).

Наглядное конструктивное строение «традиционной» и «зеленой крыши» представлено на рисунке 1.

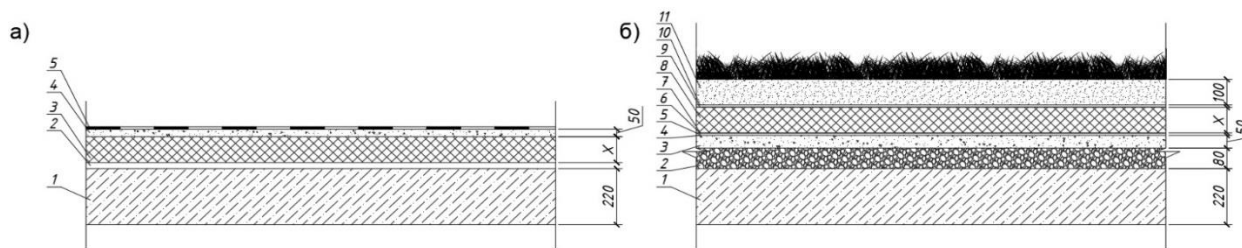


Рис. 1. а) конструкция «традиционной» крыши: 1 – железобетонная плита, 2 – пароизоляция, 3 – плиты на основе минеральной ваты, 4 – цементно-песчаная стяжка, 5 – гидроизоляционный слой; б)

конструкция «зеленой крыши»: 1 – железобетонная плита, 2 – уклонообразующий слой из керамзитового гравия, 3 – армированная цементно-песчаная стяжка, 4 – праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01, 5 – Техноэласт ЭПП, 6 – Техноэласт ГРИН П, 7 – иглопробивной геотекстиль ТехноНИКОЛЬ, 8 – экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300, 9 – геотекстиль термообработанный, 10 – профилированная мембрана PLANTER geo, 11 – субстрат Цирхум (100 мм)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Итоги проведенного сравнительного теплотехнического расчета показали разные результаты для каждой климатической зоны России.

Для одних районов (ШВ, ПВ, ID, IVГ, IB) реорганизационные мероприятия «традиционной» крыши в экстенсивный тип озелененного покрытия продемонстрировали положительных эффект, ставясь следствием уменьшения толщины теплоизоляционной прослойки в 2,3 раза (город Ханты-Мансийск) и повышением энергоэффективности на 22,26 % (город Астрахань). Для другого района (ПВ) меньшая толщина утеплителя не смогла обеспечить сопротивление теплопередаче более той величины, которая была до установки системного решения. Значения энергоэффективности здания от монтажа «зеленой» крыши» для остальных климатических зон представлены на рисунке 2.

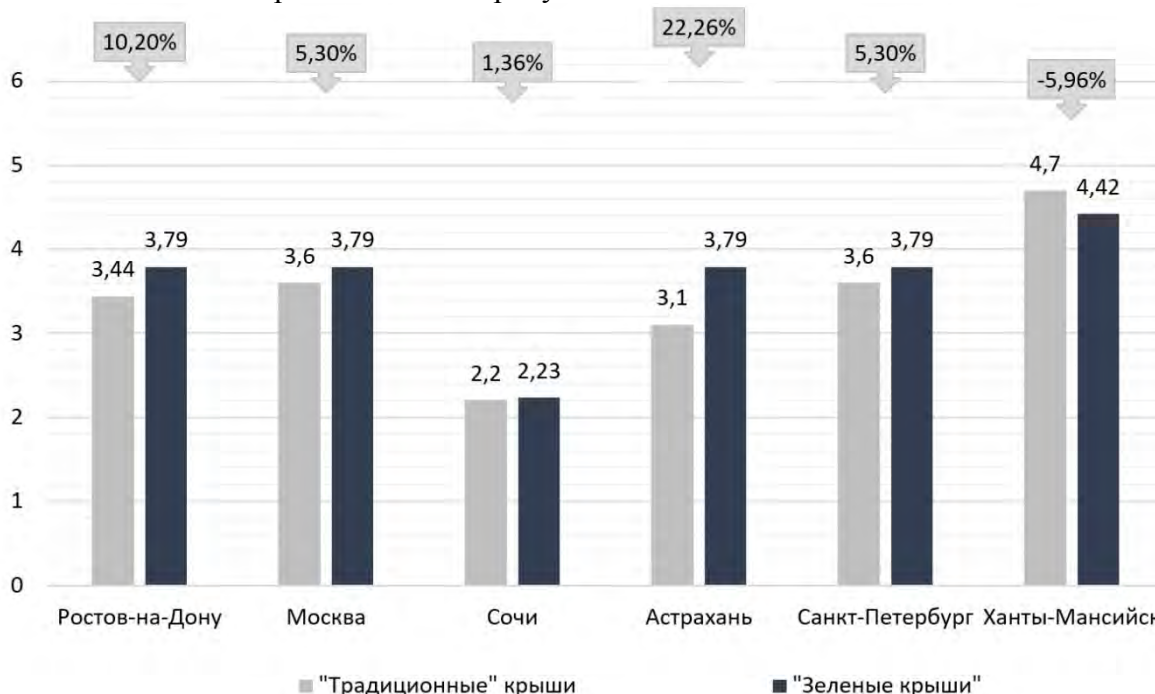


Рис. 2. Диаграмма энергоэффективности устройства «зеленой крыши» в 6 разных климатических районах России

В процессе проведения исследования была выявлена зависимость: при добавлении почвенной прослойки происходит возрастание приведенного сопротивления теплопередаче, обеспечивающее тепловую защиту внутренних помещений здания. Кроме того, исследование озелененного покрытия в шести климатических зонах показало, что в пяти городах системное решение способно обеспечить снижение экономических затрат за счёт уменьшения в «зеленой» конструкции толщины теплоизоляционного материала. Максимальный положительный энергетический эффект от монтажа экстенсивного типа покрытия стоит ожидать в городе Астрахань. Однако город Ханты-Мансийск подтвердил, что климатическое воздействие оказывает существенное влияние на «зеленую» конструкцию, а уменьшение толщины теплоизоляционного слоя при отрицательной энергоэффективности не всегда может нести в себе экономические выгоды.

ВЫВОДЫ

Основные выводы проведенного исследования резюмируются следующим образом:

1. принятая для рассмотрения «зеленая крыша» экстенсивного типа озеленения может устанавливаться во всех климатических районах России, обеспечивая требуемое сопротивление теплопередаче;
2. устройство озелененного покрытия приводит к повышению энергоэффективности здания от 1,36 до 22,26%, но не во всех районах.
3. за счет увеличения энергетической эффективности при добавлении субстрата можно сэкономить на теплоизоляционном материале, что позволит минимизировать последующие экономические затраты.

«Зеленые крыши» снизят городскую нагрузку на биосферу: увеличенное количество насаждений обеспечит тень и будет способствовать испарению влаги. Необходимые вложения инвестиционных ресурсов обеспечат крыши защитной функцией, оберегая их от неблагоприятных природных воздействий и увеличивая тем самым эксплуатационный срок. Преимущественные стороны при устройстве озеленения выражаются в снижении энергетического потребления: питательная прослойка выполняет функцию изолирующего слоя уже существующей конструкции крыши. Монтаж системного решения приводит к снижению поверхностного тепла крыш и температурных показателей внутреннего и наружного воздуха здания в летний период, а также обеспечивает сохранение тепла внутри помещения в зимнее время, исключая необходимость в энергетических ресурсах для его отопления и кондиционирования в нём воздушного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Solomon B.D., Krishna K. The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook // *Energy Policy*. 2011. № 39. Pp. 7422–7431.
2. Antrop M. Landscape change and the urbanization process in Europe // *Landscape and Urban Planning*. 2004. № 67. Pp. 9–26.
3. Dutil Y., Rouse D., Quesada G. Sustainable buildings: An ever evolving target // *Sustainability*. 2011. № 3. Pp. 443–464.
4. Methodological framework for assessment of energy behavior of historic towns in Mediterranean climate / M. De Fino, A. Sciotti, E. Cantatore, F. Fatiguso // *Energy Build.* 2017. № 144. Pp. 87–103.
5. Cascone S., Sciuto G. Recovery and reuse of abandoned buildings for student housing: A case study in Catania, Italy // *Frontiers of Architectural Research*. 2018. № 7. Pp. 510–520.
6. Deep renovation in existing residential buildings through façade additions: A case study in a typical residential building of the 70s / A. Fotopoulou, G. Semprini, E. Cattani, Y. Schihin, J. Weyer, R. Gulli, A. Ferrante // *Energy Build.* 2018. № 166. Pp. 258–270.
7. Cascone S. Green Roof Design: State of the Art on Technology and Materials // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Pp. 1–28.
8. ГОСТ Р 58875-2020 "Зеленые" стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования. Введ. 2020-06-01. М., 2020. 50с.
9. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал / В.А. Ильичев, С.Г. Емельянов, В.И. Колчунов, Н.В. Бакаева. Москва : АСВ, 2019. 208 с.
10. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции концепции биосферной совместимости / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, А.В. Берсенев, А.Л. Поздняков // *Academia*. Архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 74-80.
11. Evaluation of green roof performances for urban storm water quantity and quality controls / K.H. Kok, S.L. Mohd, M.F. Chow, M.R. Zainal Abidin, H. Basri, G. Hayder // *International Journal of River Basin Management*. 2016. Vol. 14. № 1. Pp. 1–7.
12. Сысоева Е.В., Гельманова М.О. Исследование зеленой кровли в покрытиях зданий общественного назначения // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 2. С.105-112.
13. A Review of Green Roof: Definitin, History, Evolution and Functions / F. Abass, L. H. Ismail, I. A. Wahab, A. A. Elgadi // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 713. Pp. 1–8.
14. Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada / S. W. Peck, C. Callaghan, B. Bass, M. Kuhn. Ottawa : Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999. 88 p.
15. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений [Электронный ресурс] // Знайтовар.Ру: торговля, бизнес, товароведение, экспертиза. URL : https://znaytovar.ru/gost/2/PosobiePosobie_po_ozeleneniyu.html (дата обращения: 28.09.20)

КОНЦЕПЦИЯ «ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ» ПРИ СОЗДАНИИ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.И. Теличенко¹, Н.С. Рудь²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹president@mgsu.ru

²NRudb@gmail.com

Аннотация

Современные здания как жилые, так и общественные должны быть спроектированы и возведены, а также эксплуатироваться в соответствии с принципами устойчивого развития, одним из которых являются «зеленые» стандарты в строительной деятельности. Учитывая последние мировые тенденции, а также сложившуюся в мире эпидемическую ситуацию, все более важным компонентом системы экологической безопасности строительства становится улучшение здоровья пользователей жилых и общественных зданий. На протяжении трех месяцев самоизоляции для миллионов россиян квартира была пространством, в котором люди проводили досуг, работали, учились и, даже, занимались спортом. Опыт самоизоляции в период пандемии COVID-19 показал необходимость переосмысления подходов к проектированию среды жизнедеятельности человека. Авторами рассмотрена возможность, а также инструменты интеграции концепции «здоровьесбережения» в существующую парадигму проектирования для создания жилых зданий, которые будут отвечать актуальным запросам пользователей не только в ближайшей, но и долгосрочной перспективе. В рамках данной статьи произведен эмпирический анализ передовых мировых практик и концептуальных основ устойчивой архитектуры и строительства, актуальные санитарно-гигиенические нормативы и санитарно-эпидемиологические рекомендации, требования передовых международных «зеленых» стандартов. Также сформулирован ряд рекомендаций в отношении здоровьесберегающих архитектурных и инженерных решений внутренней среды жилых зданий.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня во всем мире формируется новый тренд в строительстве, объединяющий концепцию «зеленого» строительства с идеей сохранения и укрепления здоровья людей. Все больше архитекторов, инженеров, строителей при разработке проектов стремятся учитывать не только факторы экологической безопасности и энергоэффективности, но также оценить, какое воздействие окажет внутренняя среда помещений на самочувствие, настроение, работоспособность пользователей здания. Для решения этих задач создаются междисциплинарные команды, в которые помимо архитекторов, инженеров, строителей, дизайнеров, привлекаются медицинские эксперты, психологи.

До пандемии COVID-19 население России примерно 60% времени проводило дома. Однако, после введения режима самоизоляции, этот показатель увеличился до 100% на протяжении 3 месяцев для большинства домохозяйств. Каковы же характеристики жилищного фонда в России? По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) на 2018 год средняя площадь квартиры составляет 55,7 м², но значения площадей варьируются в широком диапазоне. Так средняя площадь однокомнатной квартиры составляет 35,8 м², двухкомнатной - 49,1 м², трехкомнатной - 66,4 м², четырехкомнатной и более - 107,9 м². При этом, на одного городского жителя в среднем приходится 25,4 м² общей площади жилых помещений, что значительно меньше аналогичных показателей Канады – 39,9 м², Финляндии – 40,1 м², Китая – 40,8 м², Германии – 42,56 м². На одного человека в России приходится лишь одна комната — это один из самых низких показателей рейтинга «Индекс лучшей жизни» (Better Life Index), который составляет Организация экономического

сотрудничества и развития (ОЭСР). Столько же у одного жителя Турции и Мексики; самые высокие показатели – в Канаде (2,5), Новой Зеландии и США (по 2,4). Средний показатель по странам ОЭСР – 1,8 комнаты на человека. По данным статистического сборника «Жилищное хозяйство в России» за 2018 год, 79% от общей площади жилых помещений в городской местности оборудованы одновременно водопроводом, канализацией, отоплением, горячим водоснабжением, газом.

Принимая во внимание представленную выше статистику, легко понять, что «самоизоляция» людей в своих квартирах, во избежание распространения инфекции воздушно-капельным или контактным путем (личный контакт, контакт с загрязненными поверхностями), в значительной степени увеличила нагрузку на жилые ячейки. Особенно сложной длительная изоляция оказалось в перенаселённых тесных квартирах, в которых проживают люди различного возраста, пола и степени родства, где распространение инфекции стало проблемой, усугубляемой параметрами среды жизнедеятельности, неподходящими для сохранения и улучшения здоровья жильцов [1]. Более того, длительное нахождение в квартирах способствовало обострению неинфекционных хронических заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания и диабет и психических расстройств, таких как тревога, бессонница, депрессия и проблемы с обучением у детей.

Передовые мировые тенденции развития «зеленого» строительства, а также сложившаяся эпидемическая ситуация побудила специалистов переосмыслить подходы к проектированию жилых зданий для обеспечения надлежащего качества воздуха, качества воды, качества отделочных материалов, температурного и акустического комфорта, инсоляции, естественного и искусственного освещения. К тому же, при проектировании, необходимо удовлетворить максимальное количество потребностей (запросов) жильцов посредством разработки объемно-планировочных решений комфортных жилых ячеек, а также обеспечивать психическое здоровье людей, внедряя во внутреннюю среду здания элементы биофилического дизайна, возможности физической активности и предоставляя доступ к природе. Следует отметить, что ряд исследований показал - инсоляция способствует значительному снижению риска заражения туберкулезом, гриппом, острыми респираторно-вирусными инфекциями и другими заболеваниями, передающимися воздушно-капельным путем, а также признана эффективным средством сокращения периода полураспада коронавируса в окружающей среде [2,3]

Последствия пандемии и неизбежный риск ее повторения подчеркивают необходимость применения концепции здоровьесбережения при проектировании жилых зданий. В данной статье проведен эмпирический анализ передовых мировых практиках и концептуальных основ устойчивой архитектуры и строительства, актуальных санитарно-гигиенических требований, а также требований передовых международных «зеленых» стандартов, на основе которого предложен ряд рекомендаций для переосмысления подходов к проектированию внутренней среды жилых зданий, с целью создания устойчивой, здоровьесберегающей и устойчивой среды жизнедеятельности [4].

КОНЦЕПЦИЯ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Жилые ячейки должны удовлетворять различным потребностям человека, количество которых в свете текущей ситуации, связанной с COVID-19, только увеличилось. Просторные помещения с возможностью трансформирования пространства, которые можно адаптировать для возможной работы и учебы из дома, а также проведения досуга являются базовыми принципами, которым должен соответствовать жилищный фонд. Фактически, наличие достаточного пространства в доме является фундаментальным аспектом благополучия и здоровья, так как пространственные отношения между людьми и человеком и окружающей средой играют фундаментальную роль в ощущении комфорта среды жизнедеятельности. В исследовании Комиссии по архитектуре и построенной среде Великобритании (CABE)

подчеркивается, что многие люди считают имеющееся в доме пространство недостаточным для выполнения основных повседневных дел [5].

Перенаселенность жилища зависит не только от количества людей, живущих в нем, но также зависит от их возраста, степени родства и пола. Несколько исследований показали прямую связь между стесненными условиями проживания и определенными негативными последствиями для здоровья, такими как инфекционные заболевания (включая туберкулез, а теперь и COVID-19) [1,6] и ухудшением психического здоровья (психологический стресс, снижение успеваемости детей, снижение когнитивных функций у взрослых) [6]. Организация пространства жилой ячейки напрямую влияет на то, как и где люди готовят и потребляют пищу, как они взаимодействуют друг с другом, как они управляют бытовыми отходами и их переработкой, а также определяет наличие возможности для уединенной для учебы, работы, отдыха или досуга. Немаловажным фактором является необходимость обеспечения в жилых зданиях максимальной гибкости пространства мест общего пользования, в том числе предусматривать устройство озеленённых эксплуатируемых кровель [7], чтобы их можно было легко адаптировать под разнообразные функции в случае необходимости увеличения площадей, доступных для жильцов чтобы иметь временное тихое рабочее место, иметь возможность провести время на свежем воздухе или заняться спортом. Таким образом, просторные помещения и гибкость внутреннего пространства жилых ячеек – основные принципы при проектировании жилых зданий, чтобы обеспечить возможность адаптации к любым изменениям в объемно - планировочной структуре, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Ряд исследований подтверждает, что уровень воздействия естественной окружающей среды в значительной степени влияет на физическое и психическое здоровье человека. Присутствие зеленых элементов, помимо того, что они играют важную роль в смягчении воздействия застроенной среды на климат и улучшении эколого-климатических условий в городах, приносит широкий спектр преимуществ для здоровья населения всех возрастных групп. Международный опыт выдвигает идею создания зеленых крыш как возможное решение проблемы увеличения зеленых зон в городских условиях. В Чикаго, Торонто, Сиэтле, а также в Париже и других европейских городах недавно были реализованы проекты реконструкции городского масштаба, нацеленные на увеличение количества зеленых крыш для улучшения качества жизни [8] и уменьшения городского острова тепла. Устройство зеленых стен и крыш, в дополнение к регулированию микроклимата урбанизированной среды, может способствовать поглощению загрязняющих веществ в воздухе, уменьшению количества мелкой пыли, ограничению шумового загрязнения, защите окружающей природной среды, а также поддержанию городского биоразнообразия. Кроме того, зеленые крыши предоставляют больше возможностей для занятий спортом и отдыха, тем самым способствуя социальному взаимодействию, а также снижению частоты различных патологий, таких как ишемическая болезнь сердца, заболевания опорно-двигательного аппарата, бессонница, депрессия, диабет и др.

Один из наиболее широко изученных эффектов озеленения зданий - это положительное влияние на психическое здоровье людей. В некоторых исследованиях подчеркивается вклад биофилического дизайна в снижение стресса и эмоционального выгорания, смягчение эмоциональных состояний, таких как гнев, тревога, грусть и депрессия, на различных уровнях – создания пространств для физической активности, предоставление дополнительных рекреационных зон, укрепление социальных связей. Озеленение дворов и придомовых территорий способствует укреплению социальных связей между соседями, а также снижению уровня преступности. При проектировании жилых зданий необходимо учитывать видовые характеристики из окон квартиры, а также предусматривать для жильцов возможность выращивания растения в жилой ячейке или занятия садоводством на эксплуатируемой кровле или придомовой территории. В некоторых исследованиях подчеркивается, что вид из окон здания может иметь положительный эффект в снижении

стресса, особенно если видны природные элементы или ландшафт, и это может даже способствовать ускорению процесса восстановления госпитализированных пациентов [9]. Опыт самоизоляции в период пандемии COVID-19 подчеркнул важность озеленения как существующих, так и новых зданий, путем увеличения качества и количества зеленой инфраструктуры, такой как зеленые крыши, зеленые стены и общие сады (так называемый «Urban farming»).

Одним из наиболее важных параметров внутренней среды помещения является качество воздуха, которое имеет особое значение в период изоляции, когда люди вынуждены длительное время находиться в одном пространстве. Качество воздуха в замкнутых пространствах напрямую связано со здоровьем: воздействие на человека загрязненного воздуха увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний, ишемии миокарда, стенокардии, гипертонии и заболеваний сердца. Фактически, известно, что помимо качества наружного воздуха, качество воздуха в помещении также зависит от наличия внутренних источников загрязнения, а также от концентрации химических и биологических загрязнителей. Для уменьшения риска передачи COVID-19 и других респираторных заболеваний среди пользователей здания необходимо обеспечить надлежащий уровень воздухообмена в помещениях посредством естественной вентиляции. Продолжительность и частота открывания окон могут варьироваться в зависимости от количества людей и их деятельности в помещении. В комнатах, отведенных под удаленную работу или учебу необходимо обеспечить предельно высокий уровень воздухообмена.

Следует помнить, что во время эпидемии атипичной пневмонии 2003 года в Гонконге распространение вируса происходило через инженерные сети зданий. Одним из передовых решений обеспечения качества воздуха как в случае естественной, так и механической вентиляции, является установка бактерицидных секций с функцией фильтрации класса H11-H13 от частиц пыли, аллергенов, вирусов и бактерий, а также газоочистки в системах приточно-вытяжной вентиляции. Бактерицидные секции могут быть изготовлены с применением ультрафиолетовых ламп, или же в более энергоэффективном варианте с применением электростатического блока совместно с объемным HEPA-фильтром. Также необходимо поддерживать подходящие микроклиматические условия помещения, избегая слишком сухого воздуха и обеспечивая соответствующий уровень относительной влажности. В любом случае, постоянная очистка компонентов системы вентиляции, в частности вентиляционных решеток, необходима для удаления пыли и соединений, где могут возникнуть благоприятные условия для развития бактерий и плесени, а воздушные фильтры следует регулярно заменять. Для поддержания оптимальных параметров микроклимата, надлежащего качества воздуха в помещении, а также автоматизации работы инженерных систем, следует использовать системы домашней автоматизации - Умный дом.

В условиях длительной самоизоляции особенно остро встает вопрос защиты от шума и обеспечения акустической приватности смежных жилых ячеек, а также помещений внутри квартиры. Определено, что длительное воздействие высоких уровней шума отрицательно сказывается на здоровье человека. Например, проникающий шум от транспорта или промышленный предприятий напрямую связан с нарушением сна, гипертонией, повышенным риском инфаркта миокарда и инсульта, а также нарушением когнитивных способностей у детей школьного возраста [10]. В ведущем международном стандарте «зеленом» WELL, направленном на регламентирование здоровьесберегающих параметров зданий, приводятся наиболее оптимальные значения эквивалентных и максимальных уровней звукового давления проникающего шума. Сравнение значений уровней звукового давления различных помещений «зелёного» стандарта WELL и СП 51.13330.2011 приведено в таблице 1.

Таблица 1. Эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых

Назначение помещений	Время суток, ч	Уровень звукового давления дБА			
		Средний (эквивалентный) уровень звука (Leq)		Максимальный уровень звука (LMax)	
		WELL v2	СП 51.13330.2011	WELL v2	СП 51.13330.2011
Жилые комнаты квартир	7:00-23:00	40	40	50	55
	23:00-7:00	35	30	45	45

Звук, передающийся между изолированными помещениями через самонесущие, ненесущие стены и перегородки с низкими характеристиками звукопередачи, такими как индекс изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями (R_w), является одной из основных причин дискомфорта жильцов. Это наиболее заметно в помещениях, требующих наиболее низкого уровня фонового шума: жилых комнатах квартир и спальнях. Поскольку в последнее время при проектировании и строительстве предпочтение отдается облегченным и сборно-разборным конструкциям перегородок, которые обеспечивают лишь визуальную изоляцию помещений, или стеклянным перегородкам, как стационарным, так и сборно-разборным, существует потребность в акустической приватности помещений. Самым очевидным практическим решением является проектирование более массивных конструкций, путем повышения толщины конструкции, добавления конструктивных элементов, добавления изоляционных слоев или воздушных прослоек для того, чтобы препятствовать передаче звука. Сравнение значений индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями «зелёного» стандарта WELL и СП 51.13330.2011 приведено в таблице 1.

Таблица 2. Индексы изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w .

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w WELLv2	треб	R_w треб	СП 51.13330.2011
Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и офисами; между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	50		52	
Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	45		43	
Стены и перегородки между кабинетами и аудиториями, отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	45		48	

Следует отметить, что требуемые значения уровней звукового давления, а также индексы изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями в международном «зеленом» стандарте WELL и СП 51.13330.2011 являются в большей степени аналогичными, за исключением всего двух параметров, которые следует актуализировать.

ВЫВОДЫ

Пандемия COVID-19 в России продемонстрировала необходимость разработки здоровьесберегающих параметров среды жизнедеятельности человека, подчеркнув проблемы касающиеся обеспечения населения комфортным жильем, а также качества жилищно-коммунальных ресурсов. Учитывая значительный объем жилищного строительства в России, прежде всего необходимо актуализировать существующие и разрабатывать новые современные нормативно-технические документы, которые будут регламентировать требования экологической безопасности, энергоэффективности, а также

здоровьесберегающие технологии новых объектов строительства, реконструкции, капитальному ремонту и эксплуатации жилых зданий. Описанные в данной статье рекомендации учитываются в ведущих международных стандартах «зеленого» строительства и в рекомендациях Всемирной Организации Здравоохранения. В предыдущей статье авторами были разработаны рекомендации по актуализации ряда санитарно-гигиенических нормативов в отношении параметров качества воздуха и качества воды, которые учитывают, как локальные, так и мировые тенденции. Пандемия COVID-19 еще раз подчеркнула острую необходимость в междисциплинарном подходе при проектировании среды жизнедеятельности. Необходимо формировать команды, состоящие из исследователей и практиков, специалистов из различных областей: архитекторов, инженеров, строителей, медиков, психологов, для решения проблем сохранения и улучшения здоровья и благополучия населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Diez L, Horve PF, Coil DA, Fretz M, Coronavirus (COVID-19) pandemic: built environment considerations to reduce transmission [Пандемия коронавируса (COVID-2019) снижение распространения инфекции в построенной среде]// mSystems. 2020. № 5(2). URL: <https://doi.org/10.1128/mSys-tems.00245-20>
2. Schuit M, Gardner S, Wood S. The influence of simulated sunlight on the inactivation of influenza virus in aerosols [Влияние солнечного света на инактивацию вируса гриппа в аэрозолях]// J Infect Dis. 2020. № 221(3). URL: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiz582>
3. Данилов А.Б., Бенуж А.А. эволюция требований инсоляции жилых объектов недвижимости в городе Москве. Недвижимость: экономика, управление. 2019. № 2. С. 42-45.
4. Теличенко В.И. Строительная наука в формировании среды жизнедеятельности. Academia. Архитектура и строительство. 2017. №1. С. 98-100.
5. Commission for Architecture and Built Environment (CABE). Space in new home: what residents think [Пространство в новом доме: что думают жильцы]// CABE. 2009. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/247803/0056.pdf
6. World Health Organization (WHO). Housing and health guidelines [Рекомендации по жилищным вопросам и здоровью] // WHO. 2018. URL: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1161792/retrieve>
7. Engemann K, Pedersen CB, Arge L, Tsirogianis C. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric from adolescence into adulthood [Связь близости зеленых насаждений и снижением риска психиатрических заболеваний в подростковом и взрослом возрасте]// PNAS. 2019. №116(11) PP. 5188-5193. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1807504116>
8. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Мочалов И.В. формирование комфортной городской среды. Недвижимость: экономика, управление. 2017. № 1. С. 30-33.
9. Andreucci MB, Russo A, Olszewska-Guizzo A. Designing Urban Green Blue Infrastructure for Mental Health and Elderly Wellbeing. Sustainability 2019, 11(22), 6425.
10. Fyhri A, Aasvang GM. Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems [Шум, сон, ослабленное здоровье: взаимосвязь между проникающим шумом и сердечно-сосудистыми заболеваниями]// Sci Total Environ. 2010. №408(21) PP.4935-4942.

К СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ВОСТОКА РФ

В.Н. Ткачев¹, Т.О. Сарвут²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹valentintn@mail.ru

²astragal67@mail.ru

Аннотация

Процесс государственной терапии РФ ориентирован на построение развитого общества.

Каждая эпоха приобретала собственное лицо в росте благосостояния народа, становлении культуры во всех ее проявлениях, отраженных в архитектуре, защищенности государственного суверенитета — враждебное отношение к нашей стране постоянно и в современном геополитическом аспекте напряженность только нарастает. Меняются предпосылки преобразований, учитывающих целый блок новых обстоятельств. Это — демонстрация внешних притязаний на территориальную целостность страны, исподволь реализуемая миграцией, экономические проблемы, изменения климата. Смена государственных приоритетов безопасности ведет смене парадигмы освоения обширных северо-восточных территорий. В список действий освоения должны войти:

— развитие транспортной сети Сибири как условие обеспечения коммуникаций между развивающимися населенными пунктами;

— меры по ликвидации демографического вакуума;

— обновление и совершенствование строительной политики, строительных технологий, современных архитектурных решений для создания комфортных условий жизни и работы в условиях сурового климата;

— разработка энергетики на основе возобновляемых ресурсов: ветра и солнца;

— техническая реакция на обстоятельства потепления климата: планирование противостояния агрессивным водам, деградации вечной мерзлоты.

Выдвинутые условия ограничивают модель среды жизнедеятельности на осваиваемых территориях.

ВВЕДЕНИЕ

Предварительно несколько замечаний по постановке ракурса изложения темы.

Авторы полагают, что наиболее продуктивным и предметно явленным будет архитектурный аспект рассмотрения материала, ибо речь пойдет о проблемах структурной организации пространственного освоения Сибири и Крайнего Севера, как территориальных, так и имеющих отношение к конкретным формам среды обитания в виде объектов жилого, производственного и рекреационного назначения.

Ведущая идея исследования — акцентирование программ интеграции европейской части России с ее восточными «окраинами», которая предпринималась стихийно или организовано за время всего существования российского государства. При этом всегда осознавалось, что погашение дисбаланса в развитии территорий осуществлялось за счет тесного взаимодействия факторов коммуникационных контактов, демографического наполнения зон освоения, развития очагов экономического притяжения и их жизнеобеспечения достижениями цивилизации. Эти факторы закольцованы в единую систему взаимной поддержки и выпадение одного из них будет означать болезнь системы.

Представление географической карты России во всей необъятности ее территории неизбежно вызывает мысль о необходимости приложения усилий по ее всесторонней интеграции. Это очень хорошо понимали выдающиеся экономисты предреволюционной России. П. Столыпин на посту министра внутренних дел ведал, в сущности, всем в стране. Он сбил хаос революционного движения начала века, обеспечил крестьян паспортами и в программе

аграрной реформы инициировал заселение восточной части страны. При этом это заселение поддерживалось организационно и финансово — урок сегодняшним реформаторам, представившим абстрактную программу наделения земель переселенцев на восток. П. Струве также занимался проблемами экономики; он опубликовал книгу «Критические заметки к вопросу об экономическом развитии России». С. Витте, дальновидный экономист, считавшийся антиподом Столыпина, на посту министра путей сообщения и позже председателя совета министров руководил строительством Транссибирской магистрали, являющуюся до сих пор практически единственной осевой коммуникационной трассой связи европейской России с Дальним Востоком, вдоль которой стали возникать крупные очаги развития сибирской экономики.

В советское время до середины 20-го века шел активный процесс освоения Западной Сибири, поиск и разработка полезных ископаемых, энергетических ресурсов на основе угледобычи, основание поселений на берегу Ледовитого океана, обеспечивающих контакт с трассой Севморпути. Были даже построены отрезки внутренних железнодорожных магистралей, связующих территориально-экономические районы (программа освоения Сибири к этому времени еще не выходила за пределы очагового мышления).

Это была героическая эпоха строительства БАМа, освоения целинных земель, основания города Мирного, Комсомольска-на-Амуре, Петропавловска на Камчатке, гидроэлектростанций на великих сибирских реках.

Идея коммунизма, рожденная французскими революциями, отредактированная К. Марксом, стала пассионарной доктриной строительства новой жизни в СССР, пока не была дискредитирована ложным и лицемерным альтруизмом монопартийной власти.

Бесспорно, коммунистическая идеология вначале сыграла серьезную конструктивную роль в духовном подъеме народов и беззаветности труда во имя процветания страны.

Позитивные результаты пропаганды этого периода было бы неплохо использовать сегодня, учитывая, конечно, значительные преобразования в мышлении и культурно-экономических запросах населения, приглашаемого к освоению труднодоступных и суровых территорий.

В 21-м веке стало очевидно, что с кризисом 90-х годов обнажилась весьма опасная ситуация социально-экономического дисбаланса западной и восточной частей страны (взглянем опять же на карту России!), когда относительное процветание центра оттеняется беспризорностью Сибири, население которой потянулось на запад, опустынивания города восточнее Урала [2].

И, если в истоках безопасности Советской России в период интервенции и гражданской войны, а также предусмотрительного переноса на восток тяжелой промышленности перед Великой отечественной войной находились сибирские тылы, то сегодня еще неизвестно, поднимется ли весь российский народ под гимн «вставай, страна огромная...» на защиту Москвы, социальный рейтинг которой неуклонно падает.

На сегодня социально-экономическая ситуация в стране в целом демонстрирует допущенное властью беспрепятственное разграбление природных богатств и их экспорт за границу, перестройка экономики на извлечение и продажу энергетических ресурсов, на закрепление за востоком страны статуса внутренней колонии.

Надо отметить, что ускоренная распродажа собственности — это признак готовящейся эвакуации. Олигархи и обслуживающая их элита найдут на некоторое время пристанище, а народ — должен остаться на разоренной земле?

Добавим, что проявление слабости пробуждает хищнические инстинкты у соседей, с нетерпением ждущих распада России, и делающих все возможное для ускорения этого процесса. Нашу страну кусают со всех сторон, делая при этом вежливые лица. Разве этого не видно по включению все новых санкций, вмешательствам во внутренние дела России, попыткам оторвать от нее дружественные (пока еще) страны. Они прекрасно понимают, что воссоединение стран славянского этноса станет непреодолимой преградой для экономической подпитки обескровленной по природным ресурсам Европы, мечтающей воспользоваться в своих намерениях поддержкой США. С конца 19 - нач.20 веков концепция

панславизма не возникала на политическом горизонте, возможно, потому, что Россия в процессе собирания окрестных народов в Союз культивировала идею максимальной поддержки развития их национальной культуры и экономики, не предъявляя своих интересов. Может быть, уже пора?

Наивные ожидания соседей сдобрены страхом перед военной мощью России, которой время от времени приходится вразумлять «партнеров» демонстрацией таких средств вооружения, которые камня на камне не оставят от древней архитектуры старушки-Европы. Ведь это на ее территории установлены ракеты, направленные на Россию. А ее американские друзья тоже пребывают в эйфории — мы далеко, нас не тронут!

Удивляет фанатичная настойчивость Америки по вмешательству во внутренние дела буквально всех стран мира, стремление уничтожить Россию — это при том, что сам североамериканский континент вот-вот взлетит на воздух взрывом Йеллоустонского вулкана!

Существуют к тому же разнообразные внешние обстоятельства, тормозящие анимацию процессов освоения востока Российской Федерации. Это неустрашимые природные явления, прежде всего потепление климата, разжижающего вечную мерзлоту, на которой пока еще стоят дома, построенные в 20 веке (которая подает опасные сигналы вроде разрушенного основания нефтяного резервуара под Норильском, едва не приведшего к экологической катастрофе), взрывающего накопленный за тысячелетия метан, активизирующего наступление вод океанов на сушу, меняющего всю географию ойкумены.

Предмет нашего интереса — Сибирь и Крайний Север — неизбежно находятся в центре программ преобразований, что приходится на долю России как хозяйки территории. Сибирь пора приводить в порядок, тем более, что, американский провидец Э.Кейси предрек ей судьбу центра обновления жизни после планетарных катаклизмов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе исследования лежит использование профессиональной и общественной информации, опубликованной в открытой печати.

Несмотря на наличие позитивных сдвигов относительно программ освоения Сибири и Крайнего Севера, наибольшую пользу, полагаем, принесет критический анализ ситуации, акцент на негативные события, запоздалую реакцию экономистов на меняющуюся стратегию в потреблении нефтегазовой продукции и развертывании новых мест ее добычи и эвакуации [8]. Отказ Турции поддерживать дальнейшие работы по прокладке черноморского нефтепровода, предательство североевропейских стран в завершении Северного потока-2 — это урок многомиллиардных потерь, отсутствие элементарной предусмотрительности рисков в международных отношениях. Уж сколько раз страна обжигалась, предоставляя кредиты африканским странам, которые остались безвозвратными потерями. Мы получили взамен преданную любовь?

Только благодаря вмешательству Президента должно остановиться разграбление сибирских лесов минуя пополнение бюджета, но только с 2022 года. А раньше нельзя?

Отсутствие контактов центральной власти с местными органами управления определяет в конечном итоге ее отношение к востоку как к «краю нашеньскому» только в потребительском смысле. Это еще раз укрепляет важность тезиса: Россия — это объединенное пространство. Пренебрежение этим отразилось и в распаде СССР, откате от интернационального союза к национальной независимости созревших под крылом России и «освободившихся» от нее республик. Последнее методологическое замечание: современные тенденции в оценке качественных параметров новой среды обитания, предлагаемой к освоению переселенцами — перенос удельного веса требований от возможностей быстрого заработка игнорируя жизненные неудобства к повышенным запросам относительно житейского комфорта, культурного досуга и высокого уровня информационной осведомленности, а также перспектив повышения класса цивилизованности быта, независимости перемещения.

Мы избегаем демонстрации цифровых показателей, характеризующих количественно предмет обсуждения — используются только качественные аспекты. Цифры не всегда адекватно, а нередко и превратно, отображают реальность и притом они весьма подвижны.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Начнем с изложения комфортных требований, в узком смысле культурных. Ортодоксальные вопросы требований первой группы (насущного жизнеобеспечения) решаются общим уровнем цивилизованности, экономической состоятельности и понимаются как безусловно обеспеченный знаменатель жизненного благополучия — даже не обсуждаемый.

Житейский и духовный комфорт достигается средствами, хорошо вписанными в архитектуру среды обитания, куда входят объекты коммуникаций (транспортных), места работы, жилья, отдыха, рекреации, обеспеченные инвентарными системами инфраструктур.

Тонкость заключается в искусстве создания организаторами благоприятной доверительной среды, поддержанного соответствующими культурно-материальными льготами, гарантирующими высокий уровень цивилизованности. Чем привлекает Запад российскую молодежь? Высокой культурой быта, возможностями самореализации и предоставляемыми для этого условиями. Какова плата — это секреты общества, где надо бороться за выживание. Как по Дарвину.

Не говоря о Сибири, где созданию комфортной среды обитания должны предшествовать серьезные внеархитектурные предпосылки, знаменуемые остановкой депопуляции региона, обратим внимание на притягательные зарубежные искусства.

И не только на востоке.

Со времен создания СССР многие народы получили возможность не только развивать собственную культуру и даже разрабатывать собственный алфавит, но и восприняли безусловно великую культуру России, они говорят и мыслят по-русски. Не зря же всех приезжающих из стан бывшего союза называют русскими, кем бы по происхождению они ни были. Естественный процесс русскоязычной аккультурации еще сохраняет потенциал дружественных межнациональных связей, но с каждым новым поколением он утрачивается.

Понятно, что над проблемами демографической наполненности Сибири висит вольно или невольно ее осознание как колонии, «глухой провинции». Для выравнивания качества жизни обеих частей страны, западной и восточной, необходимы прежде всего колоссальные финансовые вложения; только они в состоянии сдвинуть механизм обновления промышленности, притока населения. Еще раз подчеркнем, что для ликвидации демографического вакуума уже недостаточно обеспечить вновь прибывающих и укорененных жителей возможностями заработка любой ценой. Волны информации широко распространяют сведения о цивилизованной жизни. Новое поколение уже знает цену благоустроенного жилища [6]. Существуют ли капитальные разработки типов жилого пространства и систем расселения для Сибири, не говоря уже о повышенной сложности проектирования среды обитания для Крайнего Севера? Или они до сих пор ориентированы на учет условий средней полосы России [4]? Серьезная комплексная проблема.

В исследование проблем освоения российского востока неизбежно попадают этнические факторы.

Коренные народы, проживающие издавна в Сибири, ближе к районам Крайнего Севера, имеют традиционные культурные параметры в формах жилища, питания, одежде, бытовых навыках, хозяйстве. Преодолевать их, насаждая нормы «цивилизованного» быта?

Пробовали. Получилось плохо. Для рационализаторов со стороны жизнь людей тундры и их проблемы имели скорее академический характер и предложения совершенствования оказались неуместными. Однако цивилизационные дистанции все увеличиваются и культурные несовпадения при контактах растут. Притом зоны обитания северных народов и их привычных форм хозяйства — охоты, оленеводства, морского промысла, ремесел — сокращаются экспансией промышленности и приходят в негодность антиэкологическим

землепользованием. Этноты обреченной «задержанной» культуры пользуются континентальными услугами весьма узкого спектра номенклатуры. Они сохраняют, может быть, и интересную с точки зрения экстравагантных туристов этническую самобытность, но ее уровень практически не повышается; жильем остается по-прежнему чум, яранга, временное иглу, энергетическими источниками — китовый жир, одеждой — олени шкуры. Нам не стыдно поддерживать один из народов своей страны в первобытном состоянии? Может быть, организуем резервации? Или все-таки есть цивилизованные способы спасения северян?

Существует, в дополнение к постоянному санкционному прессингу, дестабилизации позитивных отношений с соседями и, конечно, вирусной пандемии, еще и давно созревшая пассионарность турков, стимулированная энергией Эрдогана. Она получает резонанс со стороны наших бывших республик исламской конфессии — в полном соответствии с теорией хаоса, когда колебания одной системы вызывают синхронные колебания соседних одноименных систем. Если во времена Союза наличие разных конфессий в рамках одного государства было приятной особенностью страны свободы любых вероисповеданий, то сейчас это образование полукольца из стран нехристианской религиозной традиции выглядит угрожающим при соответствующем толковании Корана.

К тому же этнографы нам напомнят, что русские как нация сложились в результате синтеза славян с литовским и ордынским этносом, образовавшимся в свою очередь из смешения приволжских кочевых народов.

Так что у России есть еще один выбор: создать сильное славянское государство или стать национальным меньшинством в составе новой турецкой империи. Лучше остановиться на первом варианте; русские — исторически открытая к синтезу нация, способная втянуть в ареал своего культурного влияния. То, что она неоднократно становилась очагом, основой формирования государственности, отражено и в масштабах ее территории и роли в создании СССР.

Вернемся к тривиальным вопросам реализации концепции интеграции Сибири и Крайнего Севера в социально-политическую и экономическую систему Российской Федерации. Кардинальным по значимости освоения гигантских территорий остается решение создания сети транспортных коммуникаций, делающих доступным любой регион к заселению и хозяйственным контактам [4].

Транспортные сети обеспечивают сцепление и интеграцию существующих и вновь создаваемых очагов цивилизации, образующих индустриальный каркас страны в целом [5].

Речь идет действительно о «сети», пробные разработки которой велись уже в 20 веке, но экономический кризис 90-х перечеркнул эти начинания. На возобновление попыток толкает активно вторгающаяся сейчас в теорию и практику теория фракталов, открывающая новое видение в решении традиционных проблем.

Карта России и сложившаяся система хозяйственных связей сами указывают пути решения перспективных проблем. Осевая трасса южной сибирской магистрали должна быть поддержана параллельной широтной железной дорогой вдоль берега Ледовитого океана, дублируя деятельность Севморпути, активизация которого с потеплением климата и таянием льдов — дело самого ближайшего будущего, учитывая с его эксплуатацией значительное сокращение времени плавания судов Китая и Японии, до этого огибавших Евразию и Африку по южным морям, чтобы добраться до европейских рынков [7].

Сетевое трассирование восточных территорий вовлечет в хозяйственный оборот районы, пребывающие до сих пор неосвоенными и незаселенными. Конечно, любые манипуляции с ландшафтами в процессе разжижения почв и усугубление проблем опоры возводимых сооружений потребуют гигантских капиталовложений и разработки специальных конструктивных решений. Но это работа по возвращению долгов собственной планете, наверняка не дороже основания колоний на Луне или Марсе. И пора продемонстрировать достижения технической цивилизации в условиях, когда Земля начала входить в новый этап

своей планетной жизни.

ВЫВОДЫ

Обобщая и резюмируя собранную и подвергнутую анализу информацию об исторических и современных предпосылках грамотной и успешной работы по реанимации освоения Сибири и Крайнего Севера, напомним, что конкретные профессиональные разработки перспективных программ Правительства РФ, отраслевых институтов, а также отдельных исследователей, в том числе и авторов настоящей статьи опубликованы в открытой печати и в сущности не являют собой никакой новизны. Проблема в реализации программ, приступить к которым мешает огромность затрат, консервативное мышление, оторванность от центра региональных управляющих органов и сама техническая сложность в подходе к решению задач, никогда ранее не возникавших, в связи к тому же с начавшимися изменениями климата, вносящими серьезные поправки в проектирование [3].

Однако цель интеграции Сибири и Крайнего Севера в социально-экономическую и политическую систему Российской Федерации имеет важнейшее значение для обеспечения оборонной и экономической независимости страны [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзядко Т., Фадеева А. «Ямал СПГ» показал немалые возможности // РБК. №18. 27.02.2020.
2. Забелина Н. Япония нацелилась на Северный морской путь // НГ. 2016. 01.03.2016.
3. Жигуленко И.В., Яковенко А.Л. Энергетика в современном строительстве и архитектуре // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2016. № 6, С.84-89.
4. Ткачев В.Н., Сарвут Т.О. Освоение российской Арктики // Научное обозрение. 2016. № 17. С.74-80.
5. Кобылкин Д.Н., Левин Б.А., Шепитько Т.В. Создание эффективной транспортной системы в арктической зоне России: проблемы и перспективы // Механизация строительства. 2014. №4, С.4-7.
6. Милашечкина О.Н., Ежова И.К. Энергосберегающие здания. - Саратов: СГТУ. 2006. - 76 с.
7. Минин А.А., Ильина И.Н., Голубчиков С.Н. Таймыр и Ямал: перспективы развития // Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 6. С.31-41.
8. Шнайдер А. Северный морской путь — стратегический проект Российской Федерации в Арктике // Экономист. 2015. №10. С.64-68.

ПРИМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Т.Е. Трофимова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, tetrofimova@mail.ru

Аннотация

В вечерней панораме города ведущую роль играет выявление светом архитектурных ансамблей, зданий, монументов, декоративное освещение зеленых насаждений, водоемов и фонтанов, а также световая реклама и временно действующее иллюминационное освещение. Это позволяет выделять памятники архитектуры, делает вечерний силуэт города привлекательным, подчеркивает его индивидуальность. В настоящее время в городе Москве осуществляется подсветка парков, скверов, жилой застройки, а также фасадов зданий в вечернее время для выявления красоты архитектурных решений и безопасности при передвижении по городу для пешеходов и велосипедистов, а также для маломобильных групп населения. Архитектурное освещение является инструментом, повышающим коммерческую привлекательность объектов города. Помимо эстетических, социальных и требований безопасности, освещение должно отвечать требованиям энергоэффективности. В связи с реконструкцией и благоустройством пешеходной зоны от Храма Христа Спасителя до Якиманской набережной, по территории проложен новый туристический маршрут. Предлагается разработать светодинамические сценарии нового маршрута и подсветку видовых точек Патриаршего моста для повышения эстетической привлекательности панорам ночного города, что способствует привлечению туристов в вечернее время суток. Для выполнения этой задачи проведен анализ реализованных Российских и зарубежных проектов использования освещения общественных пространств. После анализа территории пешеходной зоны от Храма Христа Спасителя до Якиманской набережной, представлены две концепции по созданию туристического маршрута с помощью архитектурного освещения, которые отвечают требованиям нормативной документации. Выполнен расчет освещенности местности с помощью программы Dialux. Осветительные приборы подобраны с учетом энергоэффективности и расположены таким образом, чтобы не препятствовать движению пешеходов. Для управления освещением предложена система диспетчеризации и дистанционного управления. Анализ проведенной работы позволил сделать вывод о рекомендации использования возможностей освещения при создании туристических маршрутов с целью выявления архитектурных достоинств застройки города в вечернее время суток.

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь в городе в темное время суток невозможна без наружного искусственного освещения. В настоящее время большое внимание уделяется эстетической составляющей наружного освещения, как носителя световой информации и рекламы, художественного освещения фасадов, достопримечательностей и репрезентативных объектов. Освещение города осуществляется правильным подбором искусственных источников света, помещенных в определенных местах и на определенной высоте с соответствующим расстоянием между ними [1]. Складывается понимание искусственного освещения как самостоятельного элемента архитектуры.

По назначению различают следующие виды освещения фрагментов городской среды: для уличного освещения, освещения спортивных сооружений, освещения территорий зеленых насаждений, декоративного освещения водоемов и фонтанов, освещения архитектурных ансамблей и отдельных объектов, рекламного освещения, световых сигналов. При

использовании архитектурного освещения в городской среде возможно использование общего заливающего освещения, локального, акцентирующего, контурного, фоновое или светящегося фасада. Для создания светового сценария нового туристического маршрута в вечернее время суток от Храма Христа Спасителя до Якиманской набережной предлагается объединить разные варианты освещения в пешеходной зоне и разработать подсветку видовых точек патриаршего Моста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели были выдвинуты следующие задачи: анализ опыта утилитарного использования и примеров художественного освещения фасадов зданий и сооружений в России и других странах. Необходимо изучить территорию нового туристического маршрута по центральной части города Москвы, предложить варианты его освещения, определить видовые точки и разработать их освещение, учитывая, что внешний вид приборов и установок в дневное время должен отвечать эстетическим требованиям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения работы были проанализированы варианты использования световых композиций на Крымской набережной в г. Москве, сквере Пушкина в г. Волгограде, в Олимпийском парке в г. Сочи, изучен международный опыт использования архитектурного освещения городских кварталов Барселоны (Испания), освещение набережной в г. Бенидорм (Испания), мост в городе Капенгаген (Дания), мост Helix Bridge в Сингапуре, мост Джима Стейнса в городе Мельбурн (Австралия), мост Фрэнка Гери в Чикаго (США).

При анализе туристических маршрутов в разных странах были выявлены следующие закономерности: архитектурное освещение городов являются одним из важных элементов в создании архитектурной среды города, его внешнего облика в вечернее время [2]. Используются такие приемы, как подбор элементов освещения с учетом исторической застройки (Стокгольм, Бостон, Флоренция); выделение средствами световой информации и рекламы зон с активными туристскими и рекреационными нагрузками (города Париж, Стокгольм). Известные архитекторы (Н.Фостер, Р.Роджерс, Ж.Нуэль, Б.Чуми, Т.Андо, Ф.Герри) создают оригинальные световые образы зданий совместно со светодизайнерами. «Системы искусственного освещения и их элементы становятся частью материальной культуры зданий, поскольку они связаны с декором и пластикой фасадов, решением дорожных покрытий, планировкой и устройством улиц, площадей, зеленых территорий, организацией архитектурных пространств в транспортных и пешеходных зонах и функциональных процессов в них в темное время суток». [3].

Помимо эстетических, социальных требований и требований безопасности, ландшафтное освещение должно отвечать требованиям систем энергоэффективности. При реконструкции и создании новых туристических маршрутов, мест отдыха в городе, в архитектурном освещении повсеместно применяются светодиодные технологии, соответствующие международным зеленым стандартам и устойчивому развитию территорий. При проектировании необходимо учитывать такие параметры, как световое загрязнение ночного неба и нарушения среды обитания ночных животных, художественные и эстетические предпочтения жителей.

Практика городского освещения следует за развитием светотехники. Светильники и фонари должны обеспечивать хорошую видимость независимо от места расположения, эстетичность, надежность и долговечность, должны иметь хорошие эксплуатационные характеристики. Важно, чтобы корпус светильника являлся прочным, устойчивым к механическим повреждениям, а плафон выполнен из удароустойчивого стекла.

При формировании световой среды в исторической части Москвы используется, в основном, белый заливающий свет. При этом в утилитарном наружном освещении используется желтый свет натриевых ламп. «Выразительность световых образов объектов

общественного назначения обеспечивается сочетанием приемов светоцветового внутреннего и наружного архитектурного освещения, которые подчеркивают их архитектурно-планировочную структуру и дизайн». [4]. Были разработаны две концепции освещения на территории маршрута. Разработка обеих концепций проводилась согласно рекомендациям международной ассоциации по борьбе со световым загрязнением для минимизации вредных последствий светового загрязнения, а также экономии электроэнергии, которое заключается в том, что уличное освещение, а также любое внешнее освещение, должно быть включено при необходимости (наличие датчиков присутствия и движения), быть не ярче, чем необходимо. Попадание света на объекты, не требующие освещения, должно быть исключено, синий цвет в спектре должен быть минимизирован (цветовая температура должна быть менее 3000К), светильники должны иметь специальную конструкцию отражателя, направляющую световой поток только вниз.

Для соблюдения общегородского стиля в части освещения, а также международных рекомендаций международной ассоциации по борьбе со световым загрязнением, свет последовательно интегрирован в разработанный дизайн Патриаршего моста. Четко обозначенное светом направление движения пешеходов на мосту подчеркивает элементы ландшафтного и архитектурного дизайна, создает ощущение безопасности.

Общее наружное освещение, обеспечивающее нормируемые значения освещенности, осуществляется опорами со светодиодными приборами BL10 мощностью 43,6 Вт фирмы iGuzzini разного светораспределения. Опоры по возможности расположены так, чтобы не мешать движению пешехода. Цветовая температура источников света составляет 3000 К, тем самым создается комфортная светоцветовая среда для пешеходов.

Помимо основного освещения, выполненного с помощью осветительных опор, предполагается также установка светильников Rail Puck 750 мощностью 1,5Вт фирмы Vila, встроенных в перила на всем протяжении движения по мосту. Для подсветки моста снизу используется встраиваемая светодиодная лента RTW 2-5000PS фирмы Arlight.

Светодинамические сценарии подразумевают под собой плавное изменение цвета свечения проектируемых светильников, встроенной светодиодной ленты в перила в части моста над водоотводным каналом. В качестве повседневного режима в летнее время планируется использовать теплые оттенки. В зимнее время рекомендуется использовать холодные оттенки. Обеспечение контроля и управления режимами работы осветительной установки, предоставляет возможность исполнения различных световых сценариев, контролирует состояние параметров осветительной установки, автоматически учитывает потребление электроэнергии. [5] Для целостной работы осветительной установки необходимо синхронизировать работу существующих и проектируемых осветительных приборов. Каждый проектируемый светодинамический осветительный прибор должен иметь индивидуальный адрес в системе DMX, что обеспечит возможность изменения световых сценариев в широком диапазоне отдельно взятого прибора.

Для визуального представления были подготовлены видовые точки. При освещении деревьев добавляется еще один световой слой, создающий видимость пространства на ближних и дальних расстояниях. Ряды деревьев подсвечиваются изнутри установленными между деревьями грунтовыми светильниками Dune MC RGBV фирмы Griven. Светильники имеют интеллектуальную систему очистки прибора от снега Polar Edition. Таким образом, с внешней стороны массива зеленых насаждений яркие световые блики источников света отсутствуют, создавая комфортные условия для прогулок.

ВЫВОДЫ

Все световые приборы, предлагаемые к использованию в центральной части Москвы должны быть подобраны по правилам систем энергоэффективности. Осветительные опоры проектируются таким образом, чтобы не препятствовать движению пешеходов. Для управления ландшафтным освещением применяется современная система диспетчеризации и

дистанционного управления. Традиционные системы общественного освещения оснащены технологией интеллектуального освещения на светодиодной основе. Помимо выполнения систем по энергоэффективности за счет перехода на светодиодные источники света также важно и рациональное использование световой энергии. Система автоматического регулирования наружного освещения отслеживает активность передвижения пешеходов, автомобилей и велосипедистов, автоматически регулируя уровень освещенности и оптимизируя энергоэффективность. Создание новых туристических маршрутов в комплексе с современным архитектурным и ландшафтным освещением на территориях культурного наследия обеспечит повышение культурного образования у населения, экономическую выгоду и устойчивое развитие городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров В.В, Давидянц Г.Н. Учебник. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий // М. Издательство «Архитектура-С», 2004г.
2. Овчаров А.Т., Шабалин Е.В. Эволюция наружного освещения г.Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 1. С. 104–127.
3. Ефимов А.В. Дизайн архитектурной среды // М., Архитектура – С, 2007
4. Постановление Правительства Москвы от 11 ноября 2008г. №1037-ПП «О концепции единой цветоцветовой среды города Москвы». Электронный ресурс, код доступа <http://docs.cntd.ru/document/3694136>
5. Путеводная звезда для умного освещения города //электронный ресурс// код доступа <https://www.urban-hub.com/technology/a-guiding-light-for-smart-city-illumination/>
6. Световое загрязнение //электронный ресурс // код доступа<https://www.darksky.org/light-pollution/>
7. Овчаров А.Т., Костарева А.С., Концептуальные решения в наружном освещении на современном этапе технических и эстетических возможностей светового благоустройства города/Вестник ТГАСУ Т.21 №2, 2019г.
8. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. //электронный ресурс //код доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ – КАК ЦЕНТРОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИЗМА

А.И. Финогенов, П.С.Разумова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Исследована проблема возможности нового подхода к эффективному использованию исторически сохранившихся предприятий текстильной промышленности, представленных в большом количестве в малых и средних городах Центральной России. В результате анализа выявлены 14 наиболее интересных и хорошо сохранившихся текстильных фабрик дореволюционной постройки в таких городах, как Тверь, Яхрома, Переславль-Залесский, Тутаев, Кострома, Кинешма, Юрьево, Ярцево, Серпухов, Обухово, Орехово-Зуево, Муром, Ковров, Касимов. Как показали исследования, важной градостроительной особенностью таких предприятий является их историческое размещение в старых малоиспользуемых промзонах центральной части городов, на берегах рек и больших водоемов, что было обусловлено функциональными особенностями применявшихся технологических процессов. Как правило, многие дореволюционные промышленные предприятия являются ценными объектами промышленного, архитектурного и культурного наследия, требуют разумного подхода к их сохранению, возможности приспособления к другим видам функционального использования. Это обуславливает важность создания в России современных методик и нормативной базы для реновации объектов промышленного наследия. Такая реновация требует выполнения достаточно сложного градостроительного анализа, юридического обоснования, подготовки проекта, сноса ветхих построек, переноса инженерных сетей, рекультивации земель. Как показали обследования, перспективность проблемы реновации бывших производственных корпусов ансамблей фабрик, как правило, обуславливается хорошим физическим состоянием объектов и их основных несущих конструкций, которые изначально возводились с большим запасом прочности. Совокупность перечисленных факторов обеспечивает перспективность использования исторически сохранившихся текстильных предприятий в малых городах России под широкий ряд новых функций. Результаты анализа показывают, что одним из этих направлений в условиях возрождения малых городов России является реновация таких объектов под центры туристической и культурно-досуговой направленности, что способствует развитию социальной инфраструктуры малых городов, созданию новых рабочих мест для населения, обеспечивает перспективы дополнительного развития регионов.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически сложилось, что благодаря своему выгодному экономико-географическому положению, Центральная Россия с конца XVIII века была центром по развитию текстильной промышленности. Но концу XX века, в связи с переориентацией российской экономики на значительную долю импорта текстильной продукции, отечественная текстильная отрасль производства пришла в упадок. Большинство дореволюционных фабрик и мануфактур по производству хлопка, льна, шелка и шерсти были закрыты, что связано не только с невозможностью выдержать конкуренцию с качеством импортных товаров, но и морально устаревшим оснащением предприятий. В настоящее время большинство исторических промышленных текстильных предприятий воспринимаются как «чёрные дыры» в городской среде в структуре городов несмотря на то, что имеют высокую историко-культурную ценность, и многие признаны объектами культурного наследия России.

На сегодняшний день эта проблема реновации и приспособления актуальна больше для малых и средних городов России. В больших городах благодаря рентабельности и относительно быстрой скоростью окупаемости затрат при высокой стоимости площадей в центральных частях города, мы можем насчитать уже много удачных примеров приспособления старых исторических корпусов под новые функции. В небольших же городах таких примеров мы сможем найти единицы – в лучшем случае здания бывших фабрик используются в качестве складов или слесарных мастерских. В связи с этим, проблема поиска нового подхода к эффективному использованию исторически сохранившихся предприятий текстильной промышленности в малых и средних городах Центральной России видится актуальной

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являются промышленные комплексы зданий и сооружений текстильных предприятий XIX – начала XX веков, а так же промышленные районы и образования в которых они находятся, расположенные в малых и средних городах Центральной России.

Материалы исследования базируется на комплексном подходе к процессу реновации и приспособления под актуальные функции исторических промышленных текстильных предприятий Центральной России в условиях малых и средних городов. Методика основывается на: натурном обследовании исторических промышленных текстильных предприятий с целью оценки их состояния; архивно-библиографических исследованиях в которых выявляются особенности определенных промышленных объектов, системном анализе, в том числе на теоретическом анализе градостроительных, конструктивных и архитектурно-композиционных особенностей объектов текстильной промышленности XIX – начала XX веков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территориально выборка объектов для анализа была ограничена Центральной Россией, так как исторически сложилось, что именно здесь сосредоточенно основная масса предприятий текстильной промышленности начиная с XIX века. Согласно данным [4], на 10-е года XX века наибольшее количество предприятий текстильной промышленности Российской империи располагались в Московской губернии – 71% предприятий, в Ивановской и Владимирских областях вместе располагались 16% предприятий, в Костромской – 5%. Далее по мере убывания идут Смоленская, Рязанская, Калужская, Тверская, Ярославская и Тульская губернии. На территории этих губерний, а сейчас областей (которые не значительно изменили свои границы), согласно данным Росстата [7], также располагается и наибольшее число малых и средних городов нашей страны, в том числе и самые древние исторические города, а так же проходят основные туристические маршруты как «Золотое кольцо», «Серебряное кольцо», речной круизный маршрут по Волге. Кроме того, через многие исторические города проходят главные федеральные трассы и судоходные артерии страны.

В выборку был взяты 14 объектов (рис.1, рис.2) - текстильных предприятий XIX - начала XX веков – в городах Центральной России таких как Тверь, Яхрома, Переславль-Залесский, Тутаев, Кострома, Кинешма, Юрьево, Ярцево, Серпухов, Обухово, Орехово-Зуево, Муром, Ковров, Касимов.

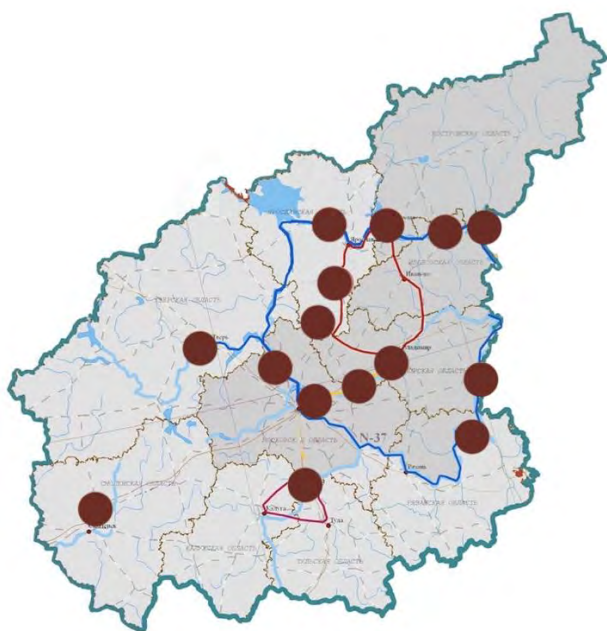


Рис.1. Схема расположения туристических маршрутов в Центральной России с исследуемыми объектами

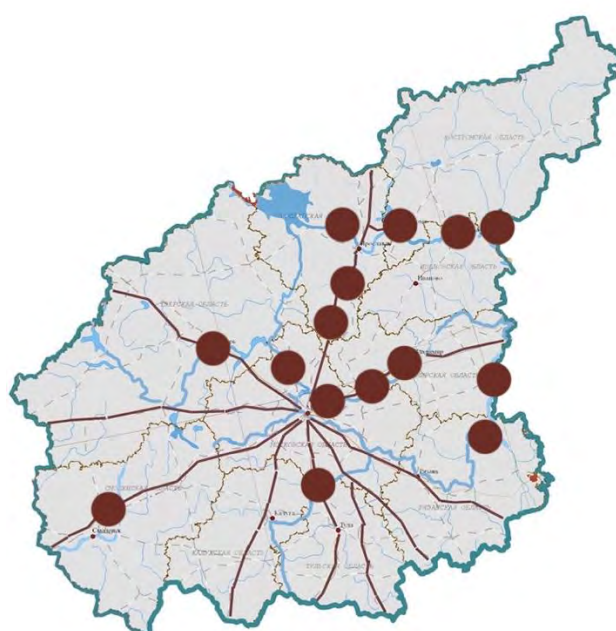


Рис.2. Схема расположения главных судоходных рек России и Федеральных трасс

Они проанализированы по следующим критериям: функционирование фабрики на данный момент; близость к судоходным артериям; расположение относительно центральной части города; наличие в городе большого числа исторических, туристических объектов; пешеходная и транспортная доступность (в пределах 15 минут) до достопримечательных мест от места расположения объекта; площадь территории занимаемая объектом; наличие статуса объекта культурного наследия; близость к федеральным трассам, функционирование несущих конструкций зданий.

В результате анализа установлено, что на данный момент большинство предприятий текстильной промышленности сейчас не работают и никак не используются, находятся в заброшенном состоянии и закрыты для доступа – 65%, и небольшая часть выборки зданий фабрик используется как склады или мелкие конторы типа автосервисов или механических мастерских – 35%, что разрушает как архитектурный ансамбль фабрики новыми бытовыми надстройками так и способствует загрязнению и захламлению территории отходами производства и мусором, уборка которого, как правило, никак не контролируется. Осмотр несущих конструкций показал, что в большинстве зданий комплексов текстильных предприятий здания XIX- начала XX веков имеют несущие конструкции – стены, опоры, перекрытия - в рабочем состоянии. Это связано с несовершенством расчетов конструкций в XIX веке и закладкой большого запаса прочности при строительстве.

Почти все рассмотренные предприятия находятся близ водных судоходных артерий и близ федеральных трасс и линий железных дорог – 93%, что исторически связано с технологическим процессом обработки и производства текстильной продукции и необходимостью постоянной и объемной транспортировки готовой продукции и сырья.

Почти все предприятия располагаются в центральной или близко центральной части города – 93%, что обуславливается временем их основания – XIX веком – с тех пор города разрослись и предприятия стали окружены застройкой. До центральной части города и основных исторических достопримечательностей можно добраться, потратив на дорогу не более 15 минут пешим шагом в каждом малом и среднем городе – 93%. Поскольку Центральная часть России наиболее древняя часть страны, то многие фабрики расположены в исторических, туристических городах – 78%. 78% рассмотренных объектов имеют как минимум статус

выявленного объекта культурного наследия. 93% объектов имеют площадь более 5 га, как правило 3/5 - 4/5 из них не застроена, что говорит о большом резерве территории для дальнейшего развития и реорганизации.

ВЫВОДЫ

В результате анализа объектов выборки были выделены особенности, присущи большинству изученных объектов, которые позволяют сделать вывод о том, что предприятия текстильной промышленности второй половины XIX-начала XX веков обладают большим потенциалом для задействования их в сфере развитии регионального туризма и могут выступать как опорный пункт организации туризма:

-градостроительные: расположение в центральной части города близ достопримечательных мест; расположение рядом с прибрежной зоной; фабрика – один из знаковых символов города, градостроительная доминанта;

-культурно-исторические: статус объектов промышленного наследия; художественная и историческая ценность;

-экономические: расположение в туристических городах по пути следования организованных туристических маршрутов; расположение рядом с сухопутными и водными транспортными артериями;

- территориальные: большая площадь для потенциального развития (более 10 га.);

-технические: пригодное для использования основные несущие конструкции зданий.

Исторические предприятия текстильной промышленности могут послужить ресурсом для положительных изменений в малых и средних городах, способные качественно создать новые точки роста туризма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mostaedi, Arian. Building conversion & renovation / Arian Mostaedi ; Span. transl.: Francesc Rovira. - Barcelona: LINKS, 2003. - 239 с.
2. Аргунов С.В. Оценка эффективности реализации государственной программы «Градостроительная политика» // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 6. С. 7-8.
3. Балакина А.Е. Совершенствование приемов архитектурного проектирования на опыте реновации исторических центров текстильной промышленности Москвы и городов Центральной части России / Финогенов А.И. // Известия Высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2017. - № 3 (369). - С. 249-254.
4. Езиоранский Л.К. Фабрично-заводские предприятия Российской империи (исключая Финляндию). — Изд. 2-е. — Петроград : издали инж. путей сообщ. Д. П. Кандауров и сын, 1914. - 1585- 1717с.
5. Лежава И.Г. Города России. Проблемы проектирования и реализации // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 5. С. 3-10.
6. Снитко А.В. Историческая эволюция системы целевых установок архитектурного формирования производственных зданий (на примере промышленных предприятий Центральной России) // Архитектура. - 2015. - №1. - С.57-60
7. Плотность населения субъектов Российской Федерации на 1 января 2019 г. (2019)// Сайт Росстата https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/population/demo/dem11_map.htm Просмотрено: 12.10.2020

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕНОВАЦИИ

И.С. Шукуров¹, П.А. Слепнев², А.А. Брыков³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*shukurov2007@yandex.ru*

²*pslepnev@yandex.ru*

³*Alekusandr1324@gmail.com*

Реконструкция жилых кварталов города требует больших финансовых, трудовых, а так же материально-технических ресурсов. Реконструкция жилой застройки является одним из главных направлений по улучшению комфортности проживания населения и одним из главных направлений решения жилищной проблемы.

Распространенными для нашего времени способами, которыми широко пользуются в отечественной практике, являются разуплотнение и уплотнение застройки. Разуплотнение жилой застройки связано со сносом отдельных группы домов и группы домов или сооружений. При разуплотнении улучшаются такие градостроительные показатели, как инсоляция, освещенность, благоустройство дворовых территорий, что, в свою очередь, повышает комфортность проживания жителей крупных городов. [1]

Увеличение плотности застройки, связанное с активным ростом города, приводит к проблеме ухудшения проветривания жилых районов. В условиях города с высоким уровнем развития промышленности возникает также проблема загрязнения воздушного бассейна городских территорий, расположенных в непосредственной близости от предприятий, связанная с препятствованием эффективному проветриванию территории города. Все эти факторы существенно влияют на микроклиматические характеристики территорий, в частности, на ветровой режим. [4]

Одним из наиболее эффективных методов решения данной проблемы является учет аэрационного режима при проектировании инфраструктуры города. Для этого необходимо точно прогнозировать и рассчитывать последствия принятых проектных решений на основе анализа природного и техногенного ландшафта.

Учет аэрационного режима необходим для решения ряда задач, в том числе:

- учет ветровых нагрузок на здания и сооружения;
- оценка территории с точки зрения пребывания человека вне зданий (комфорт, дискомфорт);
- защита от последствий пылеветровой и метелевой деятельности;
- размещение элементов благоустройства, озеленения, зон и площадок для детей, отдыха, спорта и т. д. Исследование процесса обтекания градостроительных объектов позволяет получить количественные характеристики этого процесса и на их основе разработать рекомендации по улучшению аэрационного режима городских территорий. [3]

Нами проведен анализ ветрового режима после реконструкции ряда жилых застроек Москвы. Тенденция трансформации жилых районов и кварталов показывает, что формирование планировочных решений происходит в сторону, формирования периметрального типа застройки с элементами свободной планировки (Рис.1-2)

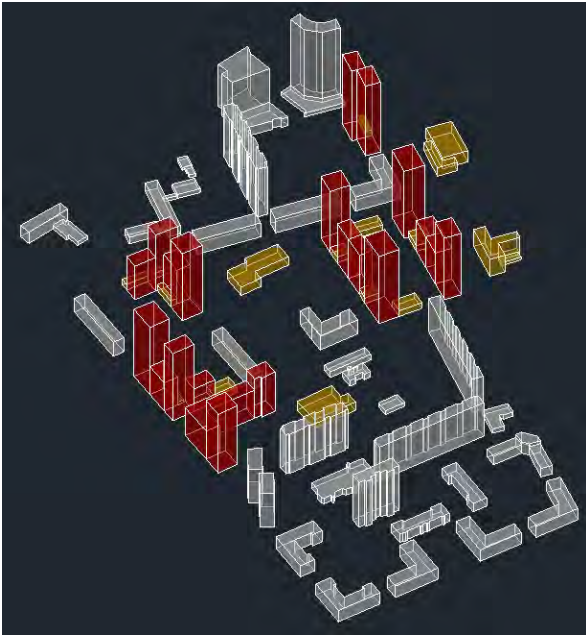


Рис. 1. 3D-модель микрорайона Свиблово

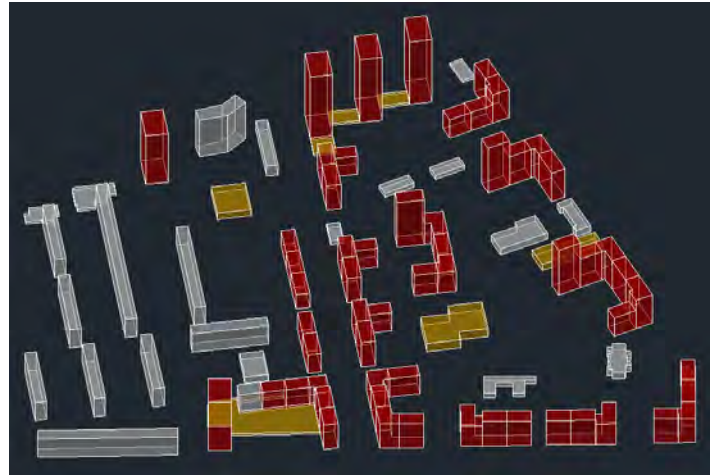


Рис. 2. 3D-модель микрорайона Измайлово

Основываясь на методике, описанной в работе Н.В. Тимофеева «Застройка жилых групп зданий с учетом аэродинамических характеристик зданий в связи с оздоровлением воздушной среды», был произведен расчет относительных скоростей воздушного потока на территориях микрорайонов «Свиблово» и «Измайлово». Результаты полученные Н.В. Тимофеевым были взяты за основу как показатели идеальных и критически дискомфортных относительных дискомфортных скоростей ветра на территориях исследуемых им микрорайонов. Тимофеев вводит в свою методику три коэффициента геометрической плотности застройки: горизонтальную, вертикальную и периметральную. Коэффициенты плотности возможно вычислить по формулам 1-3 [2].

$$\sigma_r = \frac{\sum S_i}{S_{\text{общ}}} \quad \sigma_v = \frac{\sum f_i}{F_T} \quad \sigma_{\Pi} = \frac{\Pi - \sum \beta_i}{\Pi}$$

σ_r – коэффициент горизонтальной плотности застройки;
 $\sum S_i$ – сумма площадей занятых зданиями ($S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_i$);
 $S_{\text{общ}}$ – общая площадь застройки

σ_v – коэффициент вертикальной плотности застройки;
 $\sum f_i$ – сумма проекций зданий на плоскость, перпендикулярную действию воздушного потока;
 $F_T = 3H_0 + l$
 F_T – площадь торможения,
 H_0 – средняя высота застройки;
 l – длина рассматриваемой застройки

σ_{Π} – коэффициент периметральной плотности застройки;
 Π – общий периметр застройки;
 $\sum \beta_i$ – сумма разрывов между зданиями

Формула 1

Формула 2

Формула 3

Таблица 1. Коэффициенты геометрических плотностей для микрорайона Свиблово

	σ_r	σ_v	σ_n
Свиблово (до проведения реновации)	0,19	0,28 (З), 0,21 (СЗ), 0,25 (ЮЗ), 0,19 (СВ)	0,33
Свиблово (после проведения реновации)	0,22	0,3 (З), 0,31 (СЗ), 0,33 (ЮЗ), 0,48 (СВ)	0,61

Таблица 2. Коэффициенты геометрических плотностей для микрорайона Измайлово

	σ_r	σ_v	σ_n
Измайлово (до проведения реновации)	0,16	0,1 (З), 0,26 (СЗ), 0,25 (ЮЗ), 0,29 (СВ)	0,6
Измайлово (после проведения реновации)	0,18	0,22 (З), 0,31 (СЗ), 0,29 (ЮЗ), 0,26 (СВ)	0,67

Произведя подсчет коэффициентов геометрических плотностей, была рассчитана относительная скорость ветра на территории исследуемых объектов (табл.3), по формуле

Таблица 3. Коэффициенты относительных средних скоростей ветра (\bar{U}_{cp}) на территориях исследуемых объектов

	Запад	Северо-запад	Юго-запад	Северо-восток
Свиблово (до проведения реновации)	0,42	0,51	0,74	0,39
Свиблово (после проведения реновации)	0,92	0,96	1,1	2,4
Измайлово (до проведения реновации)	0,48	0,96	0,91	1,1
Измайлово (после проведения реновации)	0,4	0,92	0,93	1,01

Основываясь на результатах, полученных автором, коэффициент относительной скорости равный 0,35 был принят как идеальные условия для проектирования, т.к. микрорайон на территории которого был вычислен данный коэффициент, рекомендован автором к строительству и считается эталонным. Наихудшим решением получилась территория с относительной скоростью равной 0.7.

Так как автором методики Н.В. Тимофеевым не обозначается нижний предел допустимой скорости ветрового потока, необходимо обозначить нижнюю границу допустимой скорости. В настоящей работе автором принята нижняя граница допустимой

скорости равная 0, обозначающая отсутствие циркуляции воздушного потока на территории исследуемых территорий.

Проведение реновации жилой застройки, процесс длительный и сложный, при проведении которого необходим комплексный подход к переселению жителей, а так же строительству. Таким образом инженеры, проектировщики и иные специалисты, подходят к процессу реновации поэтапно, выделяется 2-3 крупных волны переселения жителей. В конкретном случае районов Свиблово и Измайлово, переселение будет проходить в 3 этапа: постановка стартового дома, 1-я очередь, 2-я очередь.

Исследование ветрового режима территорий жилой застройки проводилось в 3 этапа: исходное положение, 1-я очередь, 2-я очередь. Исследования с этапом, на котором происходит постановка стартового дома, не были произведены из-за его исходного положения и расстояния до исследуемых районов, т.к. расстояние от стартового дома до исследуемых районов более 400 м., тем самым на аэрационный режим района он не будет оказывать значительного влияния.

В процессе проведения исследования расчеты были произведены в 3 этапа: 1-й этап формирование ветрового режима на территории существующей застройки (Рис. 3-4), 2-й этап по окончании 1-го этапа проведения реновации (Рис. 5-6) и 3-й этап окончание процесса реновации (Рис.7-8).



Рис. 3. 1-й этап формирование ветрового режима на территории существующей застройки



Рис. 4. 1-й этап формирование ветрового режима на территории существующей застройки

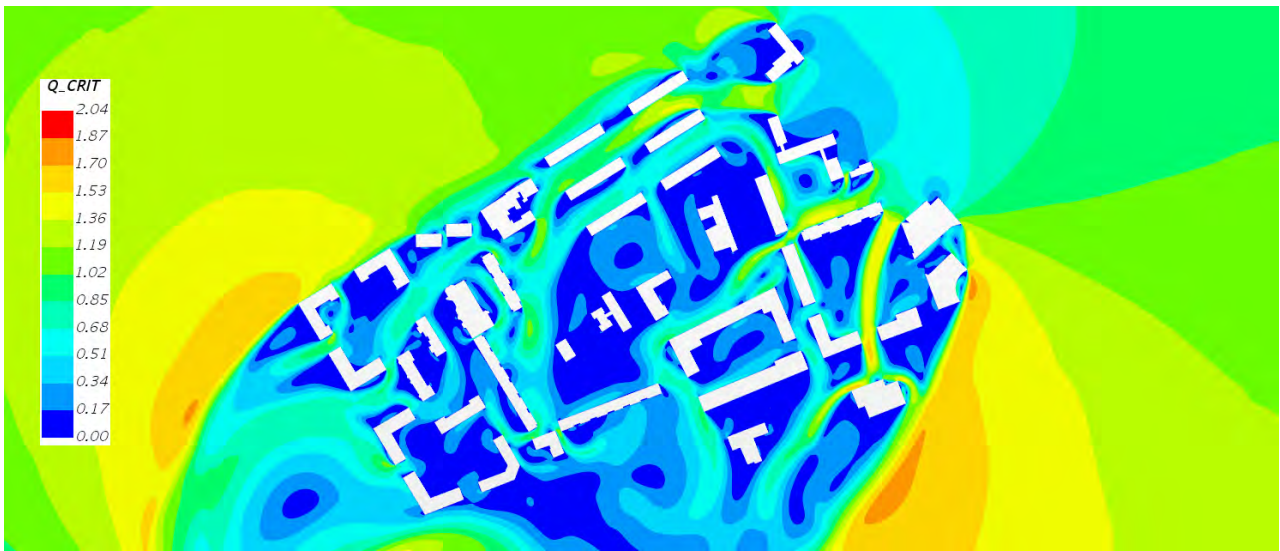


Рис. 5. 2-й этап по окончании 1-го этапа проведения реновации

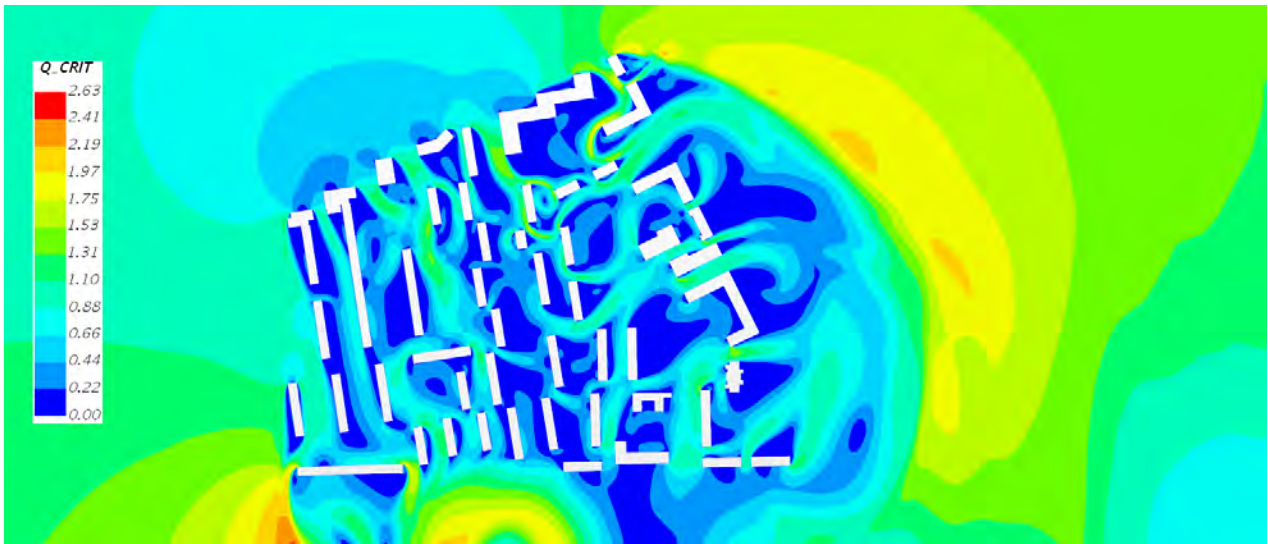


Рис. 6. 2-й этап по окончании 1-го этапа проведения реновации

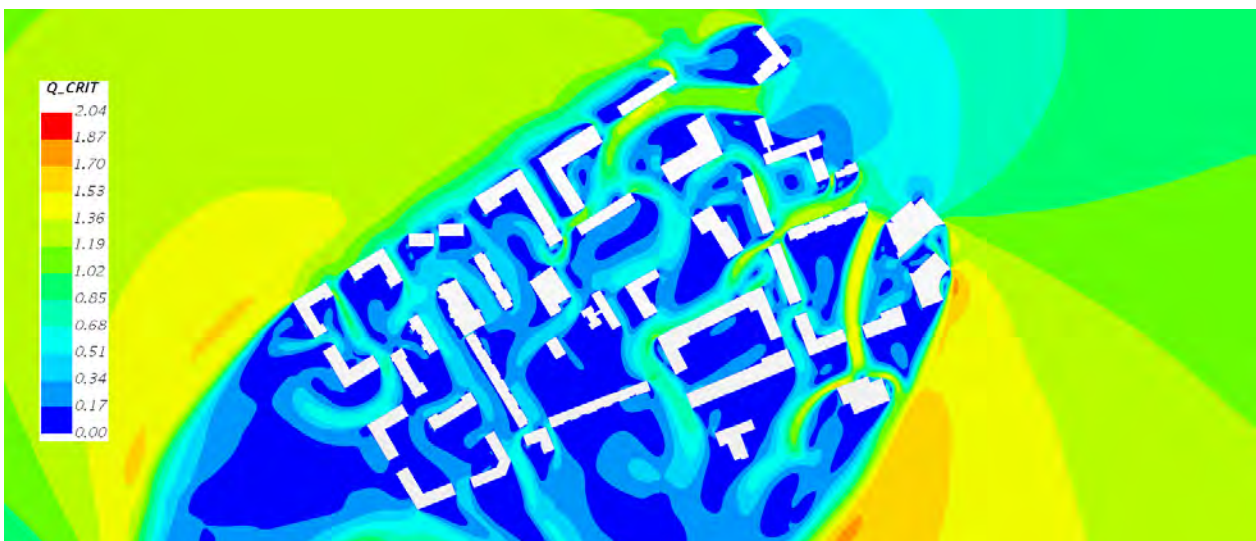


Рис. 7. 3-й этап окончание процесса реновации

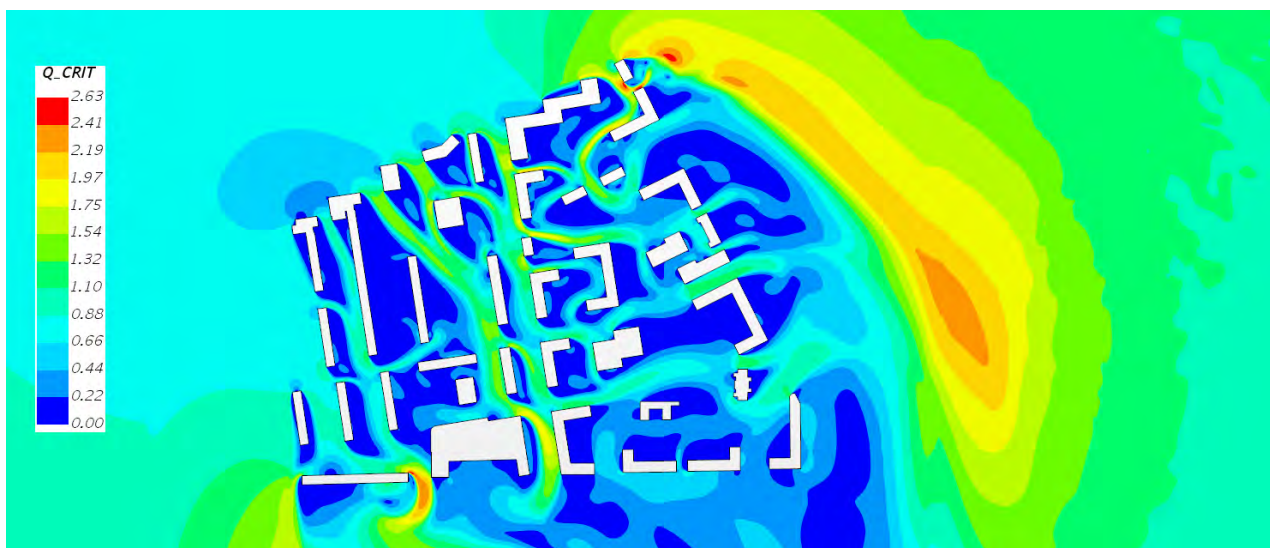


Рис. 8. 3-й этап окончание процесса реновации

* Q_{crit} – отношение текущей скорости к скорости заданной на входе

При проведении поэтапного численного моделирования и анализа полученного результата, видно, как происходит изменение ветрового режима на территории застройки. Ветровой режим, который формируется до процесса реновации и после его проведения схож тем, что на территории застройки присутствует большое количество застойных зон, что чревато неблагоприятной экологической обстановкой. Небольшие изменения в лучшую сторону можно увидеть на внутриквартальных проездах. Таким образом увеличение вертикальной плотности застройки влечет за собой увеличение количества жителей, не влияет благоприятным образом на формирование ветрового режима и влечет за собой негативные последствия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки / Ф.Л.Серебровский. – М.: Стройиздат, 1971. – 112 с.
2. Ретгер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э.И. Ретгер // М.: Стройиздат, 1984. – 294 с.
3. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю. Предпроектная оценка градостроительно-инвестиционного потенциала сложившейся застройки: Монография / Ю.В. Алексеев, Г.Ю. Сомов. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – 152 с.
4. Оленьков В.Д. Учет ветрового режима городской застройки при градостроительном планировании с использованием технологий компьютерного моделирования //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 17. – №. 4

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДОВ ВЬЕТНАМА

Е.В. Щербина, Т.К. Нгуен

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, scherbinaev@mgsu.ru

Аннотация

Вьетнам - страна с множеством благоприятных условий для развития курортного туризма. Однако развитие туризма оказывает непосредственное влияние на формирование планировочных структур в городе. Исследование трех типичных городов Вьетнама (Нячанг, Халонг, Фукуок) в условиях текущего развития курортного туризма показало множество существующих проблем, таких как изменение структуры землепользования в негативном направлении; строительство плотной многоэтажки в центральной прибрежной зоне города снижает качество жилой среды; Попадая на общественные пляжи, местные жители сталкиваются с множеством препятствий. Выявлены необходимости строительства новых градостроительных подходов к размещению объектов туристической деятельности на основе концепции устойчивого развития. Сформулированы проблемы планирования развития туризма в прибрежных городах Вьетнама.

ВВЕДЕНИЕ

Индустрия туризма становится все более привлекательным направлением социально-экономического развития городов во многих странах мира. Ежегодная статистика Всемирной туристской организации ЮНВТО свидетельствует о постоянном развитии туристической индустрии. Все больше и больше людей путешествуют, и доходы от туризма также выросли, достигнув 1451 миллиарда долларов США в 2018 году (Рис.1). В столицах европейских государств, где сосредоточен значительный экономический, культурный и исторический потенциал мирового значения преобладают деловой, выставочный и познавательный виды туризма. В странах, обладающих благоприятным климатическим потенциалом, к которым относится Вьетнам, на морском или океаническом побережье, развивается курортно-оздоровительный туризм [1].

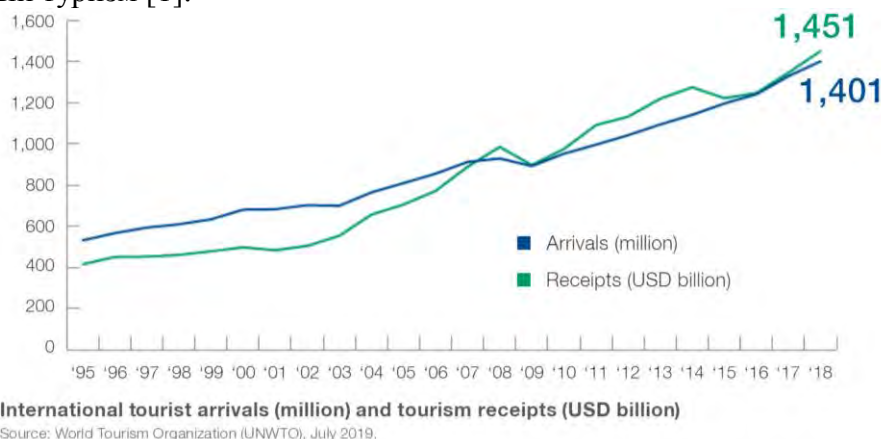


Рис.1. Ситуация развития мировой индустрии туризма в период 1995-2018гг. [2]

При этом отмечается, что развитие туристической деятельности оказывает существенное влияние на формирование инженерной, транспортной и планировочной структур [3], негативно сказывается на природном комплексе и городских ландшафтах [4,5]. Это определяет необходимость выработки новых градостроительных подходов к размещению объектов туристической деятельности на основе концепции устойчивого развития. Эти вопросы особенно актуальны для стран, в которых индустрия туризма начинает активно

развиваться, например, Вьетнам, благоприятный климат и достаточно протяженная береговая линия, составляющая более 3200 км, делают эти территории привлекательными для развития туризма и отдыха. В последние годы доходы Вьетнама от туризма резко увеличились. По сравнению с 2015 годом, в 2019 году количество иностранных туристов во Вьетнам увеличилось в 2,3 раза, выручка достигла 720 трлн донгов, в 2,1 раза (Рис.2). Уже в настоящее время Вьетнам входит в группу 70 стран с ведущей туристической конкурентоспособностью в мире и занимает 5-е место в Юго-Восточной Азии в рейтинге Всемирного экономического форума в 2019 г [6].

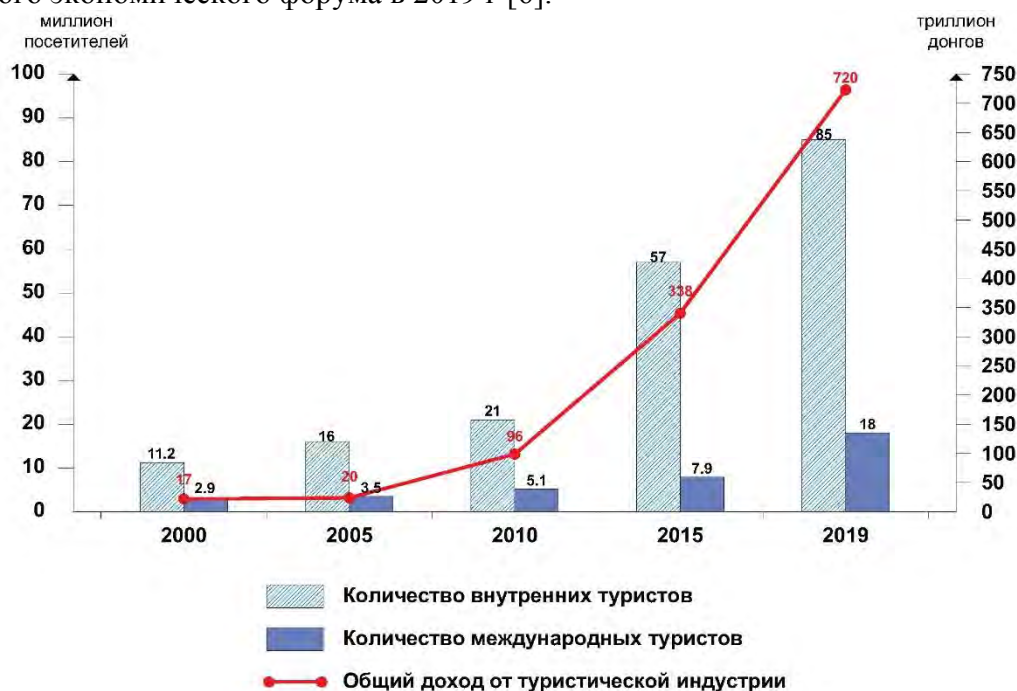


Рис.2. Ситуация развития туризма во Вьетнаме в период 2000-2019гг.
Данные собраны автором из базы Вьетнамской национальной администрации туризма

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В этой статье используется метод сравнения и анализа данных и изображений из общедоступных картографических и статистических источников. Соответственно, туристическая среда и архитектура рассматриваются как сложная система [7], включающая природные и искусственные элементы и взаимосвязь между ними (энергетических, информационных, коммуникационных и материальных). Функция системы - создание сбалансированной и комфортной среды проживания жителей и туристов в процессе развития туризма и отдыха города.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время на территории Вьетнама имеются города с высокой туристической нагрузкой: Хайфон, Халонг, Дананг, Нячанг, Вунгтау, Фукуок и др. Для проведения исследования нами выбраны три города, расположенных в трех 3 областях Вьетнама северной (Халонг), центральной (Нячанг) и южной (Фукуок). Особенностью г. Халонг является то, что он находится на берегу залива Халонг, находящегося под охраной USNECO, как объект всемирного природного наследия.

Анализ результатов сложившейся ситуации позволил выявить следующие противоречия, связанные со строительством туристических объектов:

Изменение структуры землепользования: уменьшение доли зеленых насаждений, увеличение застроенных территорий.

Это изменение хорошо видно в городе Халонг. В период 2003-2018 гг., площадь застройки увеличилась с 45% до 68%, а площадь озеленения уменьшилась с 55% до 32% площади озера земли с водной поверхностью (например, море, реки, каналы,...) уменьшилась с 11% до 3% в 2018 (Рис.3).



Рис. 3. Город Халонг. Изменение структуры землепользования в период 2003-2018 гг. [8]

Это изменение ясно выглядит при анализе спутниковых снимков Халонга в период с 2001 по 2009 гг. Помимо уменьшения площади озеленения, а площадь прибрежных территорий, активно застроена объектами туристической индустрии (Рис.4).



Рис. 4. Урбанизации прибрежных территорий и сокращение зеленой зоны в городе Халонг. Результат анализа спутниковых снимков города Халонг.

Прибрежная территория все более отводится для размещения многоэтажных гостиниц, повышающих плотность населения, создающими дополнительную нагрузку на транспортную и инженерную инфраструктуру.

Город Нячанг - типичный пример. Центральная прибрежная зона города заполнена небоскребами, поднимающимися вплотную друг к другу. Это приводит к перегрузке дорожного движения в прибрежной зоне, а также к снижению качества жилой среды как в прибрежной зоне, так и в внутри части города из-за свежего воздуха и ветра, дующего с моря, перекрывается прибрежными бетонными «стенами» (Рис.5). Статистика показывает, что в Нячанге около 150 высотных зданий, сгруппированных вдоль побережья около 1,5 км; большинство из которых представляют собой отели, многофункциональные центры, офисы обслуживания (Рис.6). Это действительно тревожная ситуация в Нячанге, которая вызвана отсутствием управления строительства туристических объектов.



Рис. 5. «Стена» из бетона блокирует морской ветер, дующий вглубь суши. Автор



Рис. 6. Небоскребы в прибрежной зоне Нячанга

Все больше прибрежных территорий становятся закрытыми для местных жителей, что вызывает социальную напряженность.

Такая ситуация наблюдается во многих городах Вьетнама, в том числе в Нячанге, Фукуоке ... Туристические курорты строятся вдоль побережья и при этом занимают пляж как частную собственность. Эти пляжи предназначены исключительно для гостей курорта. Проблемы возникают, когда эти курорты построены в густонаселенной местности, что затрудняет доступ жителей к общественным пляжам. Во многих районах, например в районе Зыонгдонг, Фукуоке, даже если они живут прямо у моря, людям приходится преодолевать большие расстояния, чтобы добраться до пляжа (рис.7).



Рис. 7. Курорты построены последовательно вдоль побережья Фукуока

ВЫВОДЫ

Результаты анализа показывают, что развитие туризма приводит к множеству недостатков, связанных с обустройством туристических объектов в городах Вьетнама. Это показывает необходимость определения нового градостроительного подхода к размещению объектов туристической деятельности с целью достижения баланса в среде обитания местного населения и посетителей. То есть создать новую функциональную зону города исключительно для туристов – курортная зона, отдельно от жилой зоны, чтобы ограничить негативное влияние на жизнь местных жителей процесса развития курортного туризма.

Для этого были сформулированы задачи, необходимые для их решения:

Определить основные факторы градостроительного планирования, влияющие на формирование курортной зоны, в том числе транспортный каркас, структура землепользования, природный каркас и инженерная инфраструктура.

Определить местоположения курортной зоны в структуре города.

Разработать теоретические модели и методы планировки территории курортной зоны с целью создания сбалансированной городской среды для местного населения и туристов.

Выявить критические факторы модели, определяющие планировочную структуру курортной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильичёва Д.А. Зарубежный опыт использования прибрежных территорий. [Электронный ресурс] /Д.А. Ильичёва // «Architecture and Modern Information Technologies» / Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия. – 2016. - АМИТ 3. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-ispolzovaniya-pribrezhnyh-territoriy> (дата обращения: 23.07.2020).
2. Всемирная туристская организация, Основные показатели международного туризма, издание 2019 г.// ЮНВТО. Мадрид. 2019. 24с. DOI: <https://doi.org/10.18111/9789284421152>
3. Щербина Е.В., Егорова С.П. Градостроительные аспекты развития индустрии туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова – 2019. №4. С. 88-93. DOI: 10.34031/article_5cb1e65ee16de2.46800338
4. Md. Ghulam Rabbani. Влияние туризма на окружающую среду // Американский журнал исследований окружающей среды и энергетики. Том 1, №. 7. 2013. С. 117-130. URL: http://www.ajeepr.com/AJEEPR_Vol.%201,%20No.%208,%20September%202013/ENVIRONMENTAL.pdf
5. Ричард В. Батлер. Туризм и окружающая среда: географическая перспектива // Международный журнал туристического пространства, места и окружающей среды. Том 2, №3. 2000. С. 337-358. URL <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14616680050082553>

6. Лорен Y.К. Отчет о конкурентоспособности путешествий и туризма за 2019 год / Y.К. Лорен, С. Максим // Всемирный экономический форум. 2019. С. 25-27.
7. Енин А.Е., Азизова-Полужктова А.Н. Архитектурная туристско-рекреационная система: структура, свойства, отношения / Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 1. С. 139-147.
8. Народный комитет провинции Куангнинь. Решение № 1539/QD-UBND «Утверждение плана землепользования города Халонга в 2018 г.» // Народный комитет провинции Куангнинь. - 2018г.

Секция 5. Механика грунтов. Основания, фундаменты и подземные сооружения

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА РАДОНА В РЕЖИМЕ ДИФфуЗИИ И СУБДИФфуЗИИ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Т.С. Алероев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, aleroev@mail.ru

Аннотация

Проблема изучения закономерностей формирования радоновой обстановки не является новой. Развитие горнодобывающей промышленности (для изучения закономерностей формирования радоновой обстановки в горных выработках потребовалось моделирование потока плотности радона, что привело к построению различных моделей переноса радона), стало основным катализатором глубоких исследований в этом направлении. Отметим также, что согласно Нормам радиационной безопасности РФ (НРБ-99) среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность (концентрация) радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий не должна превышать установленного предела. Для реализации этого постановления были построены различные модели массопереноса (радона). Большинство этих моделей основано на уравнении адвекции-диффузии, которое моделирует процессы массопереноса вещества или теплопереноса в среде с фрактальной геометрией (в частности, в пористых средах). Причем порядок дробной производной по времени в этом уравнении соответствует доле каналов (система, описываемая этим уравнением, является открытой, то есть, соединена с внешним миром либо конечным, либо бесконечным количеством каналов связи), открытых для протекания во фрактальной (пористой) среде. Этот процесс является нелокальным по времени. А среда, в которой протекает этот процесс, будет средой «с памятью». В данной работе проводится анализ краевых задач для рассматриваемого уравнения. Приводится метод, основанный на разделении переменных, при этом решения поставленных задач выписывается в виде бесконечного ряда по собственным функциям оператора, порожденного обыкновенным дифференциальным выражением дробного (порядок дробной производной больше единицы но меньше двойки) порядка и краевыми условиями типа Штурма-Лиувилля

ВВЕДЕНИЕ

Проблема изучения закономерностей формирования радоновой обстановки не является новой. Развитие горнодобывающей промышленности (для изучения закономерностей формирования радоновой обстановки в горных выработках потребовалось моделирование потока плотности радона, что привело к построению различных моделей переноса радона), стало основным катализатором глубоких исследований в этом направлении. Отметим также, что согласно нормам радиационной безопасности РФ (НРБ-99), среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность (концентрация) радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий не должна превышать установленного предела. Для реализации этого постановления были построены различные модели массопереноса (радона). Большинство этих моделей основано на уравнении

$$d \frac{\partial^2 C(x)}{\partial x^2} - \lambda \cdot C(x) = 0 \quad (1)$$

где $C(x)$ – распределение объемной активности радона в образце, Бк/м³ ;

d – коэффициент диффузии радона, м²/с;

λ – постоянная распада радона, равная $2,09 \cdot 10^{-6}$ 1/с.

Уравнение (1) получено при следующих допущениях:

- перенос радона происходит в одном направлении перпендикулярно сечению образца, при этом влияние краевых эффектов на его боковой поверхности пренебрежимо мало;
- барометрические давления на границах образца в течение эксперимента одинаковы;
- выделения радона в материале образца пренебрежимо малы;
- сорбция радона в материале образца отсутствует.

Модель (1) описывает стационарный режим массопереноса. Приведем формулировку и решение нестационарной задачи. Для этого приведем лабораторные исследования диффузионной радонопроницаемости материалов в нестационарном режиме приведенные [1]. Имеется два принципиально отличающихся друг от друга метода – “постоянного” и “мгновенного” источника. В известных работах G.Zapalas представлена теоретическая основа нестационарного метода “постоянного источника”, а также схема экспериментальной установки и результаты определения эффективного коэффициента диффузии радона в тонких образцах бетона. Соответствующая условиям эксперимента математическая формулировка задачи массопереноса радона в испытуемом образце представлена в виде уравнения

$$d \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} \quad (2)$$

Уравнение (2) нами будет использовано в дальнейшем для моделирования процесса переноса радона в различных средах. Отметим также уравнение

$$d \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} - \lambda \cdot C(x,t) = \frac{\partial C(x,t)}{\partial t},$$

которое широко используется в теории тепломассопереноса. Когда речь идет об аномальной диффузии, имеется следующих два основных метода:

первый метод стохастический - в этом случае диффузия описывается с помощью процесса случайного блуждания частиц.

второй метод - метод, основанный на дробном исчислении. Здесь речь идет о моделях, основанных на нестационарных дробных дифференциальных уравнениях вида

$$d \frac{\partial^\alpha C(x,t)}{\partial x^\alpha} = \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} \quad (3)$$

где

$$\frac{\partial^\alpha u(x,t)}{\partial x^\alpha} = \frac{1}{\Gamma(2-\alpha)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \int_0^x \frac{u(\tau,t) d\tau}{(x-\tau)^{\alpha-1}}$$

– производная дробного (в смысле Римана-Лиувилля) порядка $1 < \alpha < 2$, которая широко используется при моделировании процесса переноса радона [1].

В данной работе проводится детальное обсуждение и развитие метода разделения переменных (метода Фурье) при решении краевых задач для уравнения (3).

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим первую краевую задачу для неоднородного дробного дисперсионного уравнения:

$$\begin{cases} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^\alpha u(x,t)}{\partial x^\alpha} + f(x,t), & (4) \\ u(1,t) = u(0,t) = 0, & (5) \\ u(x,0) = \varphi(x), & (6) \end{cases}$$

Имеет место следующая теорема

Теорема. Функция

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} e^{\lambda_n D t} \left[\int_0^t f_n(t) e^{-\lambda_n D t} dt + \varphi_n \right] x^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(\lambda_n x^\alpha) \quad (7)$$

является решением краевой задачи (4), (5), (6). Здесь

$$E_{\alpha,\alpha}(\lambda_n x^\alpha) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda_n x^\alpha)^k}{\Gamma(\alpha + \alpha k)}$$

– известная функция типа Миттаг-Лэффлера, φ_n – коэффициенты разложения функций $u(x,t)$ и $f(x,t)$ по базису функций $\omega_n(\lambda_n, x) = x^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(\lambda_n x^\alpha)$.

ВЫВОДЫ

Приведенная методика может быть использована для описания широкого класса процессов тепломассопереноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aleroev T., Aleroeva H. Problems of Sturm–Liouville type for differential equations with fractional derivatives // In Anatoly Kochubei, Yuri Luchko (Eds.), *Fractional Differential Equations* (pp. 21–46). Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110571660-002> Book DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110571660> Online ISBN: 9783110571660, 2019 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Munich/Boston
2. Aleroev T., Erokhin S., Kekharsaeva E. Modeling of deformation-strength characteristics of polymer concrete using fractional calculus // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 365, 032004, 2018 г. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032004>
3. Aleroev M., Aleroev T., Aleroeva H. Proof of the completeness of the system of eigenfunctions for one boundary-value problem for the fractional differential equation // *AIMS Mathematics*, 2019, 4(3) Publisher: American Institute of Mathematical Sciences doi: 10.3934/math.2
4. Aleroev T., Erokhin S. Some solutions of the nonhomogeneous Bagley–Torvik equation // *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* Vol. 10, No. 01, 1941002 (2019).
5. Aleroev T., Aleroeva H., Kirianova L. One method for the boundary value problem eigenvalues calculating for a second-order differential equation with a fractional derivative // *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* Vol. 10, No. 01, 1941004 (2019)
6. Aleroev T., Erokhin S. Parametric Identification of the Fractional-Derivative Order in the Bagley–Torvik Model // *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2019, Vol. 11, No. 2, pp. 219–225.
7. Aleroev T.S., Aleroeva H.T., Huang J., Tamm M.V., Tang Y., Zhao Y. Boundary value problems of fractional Fokker–Planck equations // *Computers & Mathematics with Applications*. 2017. T. 73. № 6.

КОСВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКРЕПЛЁННЫХ ИЛИСТЫХ ГРУНТОВ

Е.А. Корчагин, П.А. Николаев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе д.26, expert.korchagin@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается вопрос закрепления слабых водонасыщенных илов закачиванием в их толщу сульфатостойкого портландцемента и определения физико-механических характеристик закреплённого грунта сейсмометрическими методами по грунтам-аналогам. Оценивается влияние закрепления грунта на расчётные нагрузки действующие на сооружение и определяется эффективность на предварительной стадии проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Районы строительства портовых сооружений характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями. Это и залегание слабых грунтов большой мощности и необходимость учёта сейсмических воздействий. Решение подобных задач традиционными нормированными методами приводит к значительным затратам и увеличению сроков строительства. Ввод в толщу слабых грунтов связующего материала изменяет его физико – механические и сейсмические свойства, что сказывается на расчётных нагрузках действующих на сооружение. Настоящее исследование направлено на определение грунтов-аналогов сейсмометрическими методами закреплённого грунта и идентификации их физико-механических свойств, которые могут быть заложены в предварительные расчёты портовых сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы акустические сейсмометрические методы. Грунт был закреплён сульфатостойким портландцементом марки 500 с обычной толщиной помола. Применяемые в настоящее время методы проектирования портовых сооружений с применением компьютерных технологий и математических методов расчёта не в полной мере обеспечивают достаточно надёжную их эксплуатацию и требуют экспертизу высококвалифицированных инженеров [1]. Вместе с тем известно большое число методов расчёта причальных сооружений типа «больверк», которые применялись на протяжении многих лет при проектировании и их строительстве.[2]. В исследованиях использовался апробированный наглядный графоаналитический метод Блюма – Ломейера. Используются результаты натурных и лабораторных испытаний илоцементных композиций. Используются результаты натурных наблюдений реализованного причального сооружения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Закрепление слабого грунта путём введения в его толщу вяжущего материала имеет ряд особенностей, которые уточняются в конкретных местных условиях.[3]. При введении вяжущего показатель pH поднимается до 11-12, при которой начинается схватывание. Прочность закреплённого грунта зависит от типа и количества вяжущего, свойств естественного грунта и однородности смешивания. Предел прочности закреплённого грунта при сдвиге составляет 50 – 150 кПа, что значительно ниже лабораторных образцов. При использовании для закрепления грунта цемента, прочность развивается в течение первого месяца. При этом между гранулами грунта формируется стабилизирующий гель благодаря пуццолановым реакциям. Цемент слабо диффундирует в грунтовой среде. Закреплённая колонна слабого грунта механически взаимодействует с окружающим естественным грунтом

[4]. Стабилизация уменьшает поровое давление и увеличивает предел прочности при сдвиге грунтов.

Исследования проводились в районе с сейсмичностью 8 баллов и с толщиной слабых илистых грунтов до 18м. Физико- механические характеристики естественного грунта района строительства приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики естественных грунтов основания

№	грунт	слой (м)	Угол внутреннего трения φ , град		Сцепление c , кПа		Объёмный вес γ , кН/м ³	
			Нормат.	Расчётн.	Нормативн.	Расчётн.	Нормативн.	Расчётн.
1	ил	17,166	7	5	16	12	17,3	19,0
2	суглинок	3,28	23	21	26	20	19,8	21,8
3	глина полутвёрдая	5,5	21	19	58	44	20,0	22,0

Нормативные характеристики грунтов приняты в соответствии с [5] и сведены в табл. 1.

Расчет заанкерowanego больверка с учетом сейсмичности района проводится согласно п. 7.2 Руководства по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «больверк» [6] коэффициенты горизонтальной составляющей активного и пассивного давлений грунта при сейсмическом воздействии определяются по формулам:

$$\lambda_a^s = \lambda_a \left[1 + A_{\varepsilon a} \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi + \varepsilon_a}{2} \right) \right], \quad (1)$$

$$\lambda_p^s = \lambda_p \left[1 + A_{\varepsilon p} \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi + \varepsilon_p}{2} \right) \right], \quad (2)$$

где $A_{\varepsilon a}$ и $A_{\varepsilon p}$ – эффективные коэффициенты сейсмичности соответственно для зон активного и пассивного давлений;

ε_a и ε_p – углы отклонения от вертикали равнодействующих сил веса и сейсмических сил для зон активного и пассивного давлений.

Эффективные коэффициенты сейсмичности для зон активного $A_{\varepsilon a}$ и пассивного $A_{\varepsilon p}$ давлений, учитывающие динамический характер сейсмического воздействия и водонасыщенность грунта, согласно п. 7.3 [6], определяются по формулам:

$$A_{\varepsilon a} = K_1 A_\tau K_a, \quad (3)$$

$$A_{\varepsilon p} = K_1 A_\tau K_p, \quad (4)$$

где $K_1 = 0,25$ – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения сооружения, принимается согласно [6] для причальных сооружений;

$K_a = 2,7$ и $K_p = 2,2$ – коэффициенты увеличения эффективной сейсмичности для массивов сдвигаемого грунта, соответственно в зонах активного и пассивного давлений, учитывающие динамический характер сейсмического воздействия и водонасыщенность грунта;

A_τ – расчетное ускорение в основании сооружения.

Расчетное ускорение в основании сооружения A_τ определяется в зависимости от расчетной сейсмичности и нормативного (остаточного) срока службы сооружения по формуле:

$$A_\tau = AK_\tau, \quad (5)$$

где $A = 0,4$ – коэффициент сейсмичности, принимается согласно [7] для расчетной сейсмичности 9 баллов;

$K_T = 1$ – коэффициент, учитывающий нормативный или остаточный срок службы сооружения, принимается по таблице 6.1 [6] для срока службы 50 лет.

Углы отклонения от вертикали равнодействующих сил веса и сейсмических сил для зон активного и пассивного давлений определяются согласно п. 7.4 [5] по формулам:

$$\varepsilon_a = \arctg A_{\varepsilon a}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_p = \arctg A_{\varepsilon p}. \quad (7)$$

Расчёты произведены по первой группе предельных состояний на основе действующих нормативных документов [6,7,8,9]. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

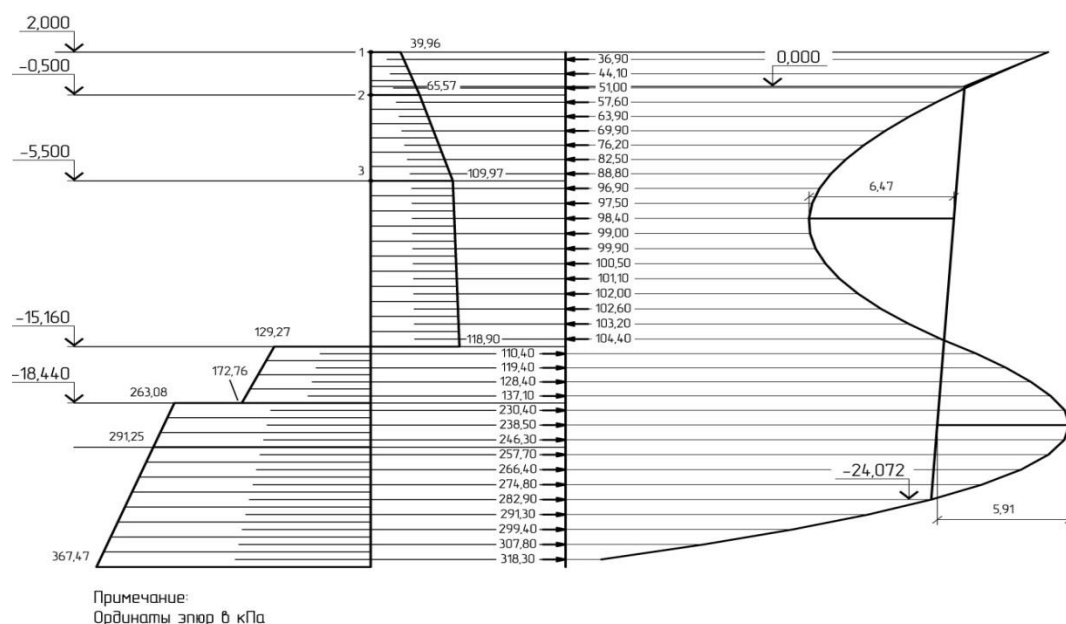


Рис. 1. – Веревоочный многоугольник

Таблица 2. Расчётные характеристики на 1п.м. лицевого ряда шпунтовой стенки

№	Расчётные характеристики	Естественный грунт	Закреплённый грунт
1	Анкерная реакция R кН	811	206,7
2	Глубина забивки шпунта t м (высотная отметка)	20,27 (-25,77)	7,46 (-12,96)
3	Максимальный изгибающий момент M кН · м	2911	354,0
4	Требуемый момент сопротивления шпунтовой стенки Wсм3 (сталь С245)	9706	1180

В порту Темрюк были проведены сейсмометрические работы по изучению свойств естественных и закреплённых грунтов. Закрепление производилось путём введения сульфатостойкого портландцемента марки 500 в толщу илистого грунта с шагом 1,2 – 1,5м. Анализ полученных результатов показал, что имеет место существенное различие в распределении скоростей упругих волн по разрезам закреплённых и незакреплённых грунтов. Скорость нарастания упругих характеристик с глубиной и абсолютные значения

скорости волн, модуля Юнга и модуля сдвига для закреплённых грунтов значительно выше естественного грунта [10].

Закреплённое илоцементными композициями основание причала по скоростям поперечных волн характеризуется следующими грунтами-аналогами: до глубины 3м – мелкие пески, от 3 до 5м – средние и крупные пески, до глубины 7м – галечник с песчаным заполнителем, ниже 7м наблюдается увеличение сейсмической устойчивости закреплённого массива (рис. 2).

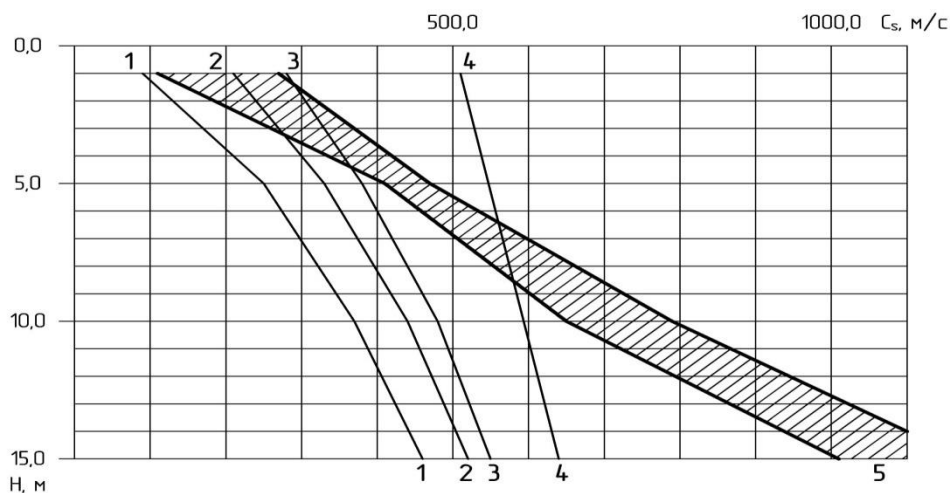


Рис.2. Графики скоростей поперечных волн в закрепленном массиве и грунтах-аналогах (1 – песок мелкий, 2 – песок средней крупности, 3 – песок крупный, 4 – гравий с песчаным заполнителем пор, 5 – закрепленный цементацией грунт)

Таблица 3. Характеристики закреплённого грунта

№	грунт	слой (м)	Угол внутреннего трения φ , град		Сцепление c , кПа		Объёмный вес γ , кН/м ³	
			Нормат.	Расчётн.	Нормативн.	Расчётн.	Нормативн.	Расчётн.
1	Песок мелкий	5	32	30	2	1,54	19,0	20,9
2	Песок средней крупности	3	38	36	2	1,54	19,5	21,45
3	Галечник с песчаным заполнителем	2	42	40	-	-	21,5	23,65

На основе расчётных параметров (таб.3) по методу Блюма –Ломейера выполнены расчёты и построен верёвочный многоугольник на основе которых получены расчётные параметры бойверка (табл.2)

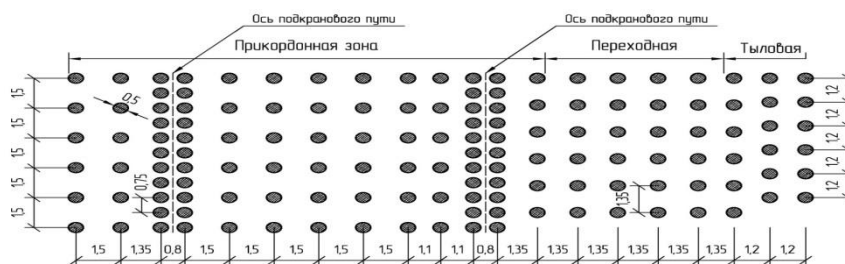


Рис. 3. Схема свайного поля причала

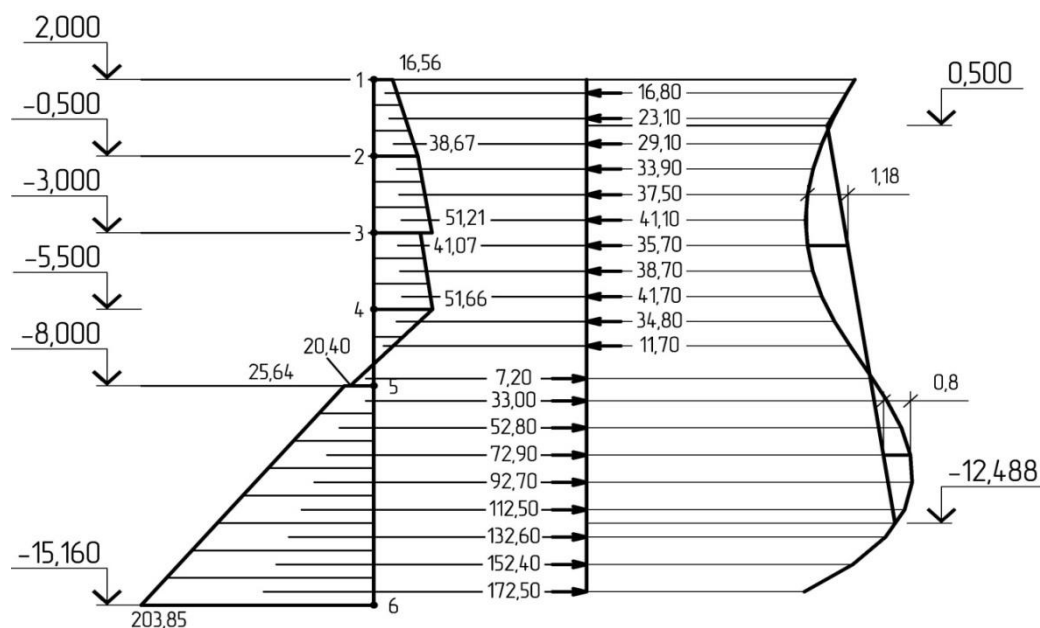


Рис.4. Вербочный многоугольник.

Изготовление грунто-цементных композиций производится самоходной установкой Junttan DS-15. (диаметр бурения – 0,5 м; глубина бурения – 18 м; объем резервуаров для вяжущего $2 \times 2,4 = 4,8 \text{ м}^3$; ход пяты стрелы по вертикали – 0,9 м; минимальный радиус поворота смесителя – 5,195 м; дорожный просвет – 0,32 м; ширина гусеничной ленты – 1,1 м; масса установки порожнем – 30 т; максимальное давление на грунт – $0,39 \text{ кг/см}^2$; угол наклона стрелы вперед, назад, в бок – 5 град). Трудоемкость на изготовление одной сваи длиной 18 м при расходе цемента от 30 до 80 кг/пм составит 80-130 чел/мин, а время 35-60 мин. Производительность одной установки составит: при работе в одну смену 10-6,5 шт., в две смены – 20-13 шт., в три смены – 30-19,5 шт [11].

ВЫВОДЫ

1. Закрепление илистых грунтов вяжущим материалом, в частности сульфатостойким портландцементом марки 500 существенно изменяет физико-механические свойства грунта, отличающиеся по глубине тощи слабого однородного грунта.
2. В дальнейших исследованиях целесообразно с использованием крупномасштабного моделирования определить доли снижения расчётных характеристик грунта по сравнению с нормативными их значениями, определёнными сейсмометрическими методами.
3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что закрепление слабого илистого грунта вяжущим материалом и идентификация физико-механических свойств грунта сейсмометрическими методами позволяет косвенно определить их расчётные характеристики, которые могут существенно снизить расчётные нагрузки на сооружение не менее, чем на 50%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даревский В.Э. Сооружения, удерживающие грунтовые массивы (противооползневые и берегоукрепительные сооружения, подпорные стены и набережные), М.: ООО «Издательство Мастер», 2011. - 304с.л
2. Корчагин Е.А. Вишняков И.Н. Зависимость характеристик бойверков от метода расчёта.// Вестник МГСУ №4/2010 М.:АСВ с.198-201
3. Euro Soil Stab.СТ 97- 0351 Projekt No.:BE96-3177. Design Guide Soft Soil Stabilisation. Development of design and construction methods to stabilize soft organic soil. London: Ministry of public works and water management, 2000. 94p.
4. Глотов Н.М., Луга А.А., Силян К.С., Завриев К.С., М.: «Транспорт», 1975. 432с. Рис. 193. Табл. 78, список лит.111назв.

5. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Введ. 2017-07-01. – М.: Стандартиформ, 2017. – 225 с.
6. РД 31.3.06-2000 Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «больверк». – Введ. 2001-04-01. – М.: Минтранс России, 2001. – 68 с.
7. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) (с Изменением №1). – Введ. 2014-06-01. – М.: Минстрой России, ФЦС, 2016. – 125 с.
8. 8.РД 31.31.27-81 Руководство по проектированию морских причальных сооружений. – Введ. 1982-06-01. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984. – 398 с.
9. Шестоперов Г.С. Пособие по уточнению исходных сейсмичности и сейсмическому микрорайонированию участков транспортных сооружений. Москва, 2018.
10. Корчагин Е.А., Сахненко М.А., Степанян Г.А. Строительство причалов на слабых грунтах основания с искусственно улучшенными физико-механическими характеристиками // Вестник МГСУ. 2013. №8.
11. Корчагин Е.А. Производство и организация работ по закреплению грунтов причала по технологии глубинного перемешивания // Вестник МГСУ. 2010. №4.

ВЛИЯНИЕ МЕРЗЛОГО ОСНОВАНИЯ НА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

А.А. Плотников, Г.Р. Гурьянов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, plaa40@mail.ru

Аннотация

Рассматриваются основные способы сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии и влияние этих способов на объемно-планировочные и конструктивные решения многоэтажных жилых зданий при строительстве по I принципу. Проектные решения многоэтажных гражданских зданий, построенных в районах распространения вечномерзлых грунтов с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии по типовым проектам имеют значительные недостатки. В данной статье исследуется возможность улучшить традиционным проектные решения за счет применения современных методов охлаждения грунтов основания и новых конструктивных решений первого этажа здания. В настоящее время основным методом охлаждения грунтов основания многоэтажных зданий является применение холодного проветриваемого пространства под зданием. Наиболее широко применяются два объемно-планировочных решения – с непосредственным устройством первого жилого этажа над подпольем и с дополнительным устройством технического этажа между первым жилым этажом и подпольем. Оба способа не отвечают современным требованиям как с точки зрения архитектуры, так и с конструктивных решений цокольной части здания. В статье исследуется возможность сохранения грунтов основания жилого здания в мерзлом состоянии без устройства холодного подполья, только за счет эффективной горизонтальной теплоизоляции в цокольном перекрытии и вертикальных сезонно-охлаждающих устройств (СОУ), расположенных по краям здания. Показана возможность перехода от свайных фундаментов, вмороженных в грунты основания к фундаментной плите. Выполнение исследования основаны на анализе существующих объемно-планировочных и конструктивных решений цокольной части жилых многоэтажных зданий, построенных в районах Крайнего Севера, и изучения материалов наблюдений за температурным режимом вечномерзлых грунтов оснований зданий в городах Якутске, Мирном и Норильске. Для анализа результатов применялось численное моделирование температурного режима грунтов оснований и теплового влияния здания.

ВВЕДЕНИЕ

Основным принципом строительства многоэтажных гражданских зданий на Крайнем Севере является использование грунтов основания в мерзлом состоянии в течение всего времени эксплуатации за счет холодного пространства под зданием в сочетании со свайными фундаментами. В данной статье проводится анализ объемно-планировочных и конструктивных решений цокольной части многоэтажных жилых зданий, построенных в районах по типовым проектам. Исследуется возможность улучшить традиционным проектными решениями за счет применения современных методов естественного охлаждения грунтов основания и новых конструктивных решений цокольной части здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнение исследования основаны на анализе существующих объемно-планировочных и конструктивных решений цокольной части жилых многоэтажных зданий, построенных в районах Крайнего Севера, и изучения материалов наблюдений за температурным режимом вечномерзлых грунтов оснований зданий в городах Якутске, Мирном и Норильске. Для анализа результатов применялось численное моделирование температурного режима грунтов оснований и теплового влияния здания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным методом охлаждения грунтов основания является применение холодного проветриваемого пространства под зданием так называемого «вентилируемого подполья» (ВП). Для организации ВП наиболее широко применяются два объемно-планировочных решения как это показано на рисунках [1,2,]:

с непосредственным устройством первого жилого этажа над подпольем как показано на рис.1;

с промежуточным устройством технического этажа между ВП и первым жилым этажом как показано на рис.2:



Рис. 1. Здания с вентиляруемым подпольем без технического этажа

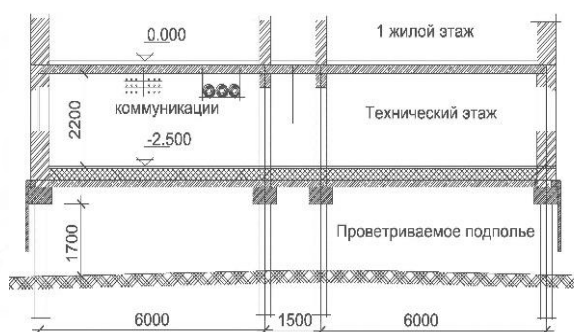


Рис. 2. Здания с вентиляруемым подпольем с техническим этажом

В первом случае основным преимуществом этих подполий является возможность создания более низкого температурного режима грунтов, чем на открытых площадках. Это обусловлено отсутствием снегового покрова под зданием в районах с малым снегопереносом или обеспечение выноса снега из ВП при сильных ветрах зимой а также затенением поверхности ВП от солнечного перегрева летом. Но они имеют и ряд недостатков:

не защищенная от нагрева поверхность грунта в открытом подполье прогревается теплым наружным воздухом летом, что приводит к увеличению толщины деятельного слоя;

цокольное перекрытие значительно переохлаждается, в связи с большим перепадом температур между полом цокольного этажа и наружным воздухом в подполье, что приводит к большому перепаду температур воздуха по высоте этажа;

необходимость прокладки инженерных коммуникаций в холодном подполье значительно усложняет их эксплуатацию, протечки повышают температуры грунтов основания, что приводит к снижению несущей способности свайных фундаментов.

Кроме этого здания с открытыми подпольями имеют недостатки и с эстетической точки зрения, которые выражаются в следующем [3]:

необходимость устройства открытого пространства под зданием для доступа наружного воздуха усложняет решения цокольной части фасада здания; при плохой эксплуатации подпольное пространство захламляется, и его надо защищать как показано на рис. 3;

необходимость устройства вне контура здания высоких входных в дом лестниц, что сказывается на архитектурных качествах фасада и эксплуатации, особенно в зимнее время года; при размещении теплой лестничной клетки в подполье под зданием возникает опасность локального растепления грунта в закрытой зоне под лестницей, при выносе лестницы наружу увеличивается ее высота, которая должны доходить до уровня отметки пола первого этажа начиная с планировочной поверхности земли; наружная лестница в жилом доме показана на рис. 4.



Рис. 3. Инженерные коммуникации в холодном пространстве под зданием.



Рис. 4. Наружная лестница в жилом многоэтажном доме

Во втором случае недостатком является необходимость поднимать здание практически на два этажа выше, чем в обычных условиях, что удорожает строительство. Увеличивается высота лестнично-лифтового узла, и требуется устанавливать лифты даже при четырех жилых этажах, так как отметка пола верхнего этажа выше допустимых для зданий без лифта. В обычных условиях это 5 этажей.

В условиях, когда среднегодовая температура воздуха значительно ниже температуры грунтов основания (более, чем на 4 °С) ВП могут устраиваться с регулируемым проветриванием за счет отдельных отверстий или щелей. Как показано в работе [4,5] ВП даже могут быть частично застроены закрытыми холодными помещениями. В работе [6] рассматривается возможность частичной застройки ВП с целью разместить там главную лестницу входа в здание. Для этого необходимо устроить теплое помещение непосредственно под зданием, по длине включающие две лестничных площадки, лестничный марш и теплый тамбур. Для чего предлагается опустить часть технического этажа непосредственно на планировочную поверхность земли без вентилируемого зазора. Численное моделирование показывает, что размещение отдельных теплых помещений в ВП непосредственно на планировочной поверхности без вентилируемой прослойки возможно при совместном устройстве местной теплоизоляции и сезонно-охлаждающих устройств (СОУ). Фрагмент разреза здания с лестницей, размещенной под зданием в ВП представлен на рис.5.

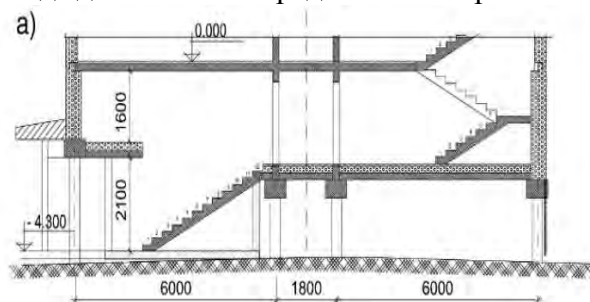


Рис. 5. Фрагмент разреза здания с лестницей

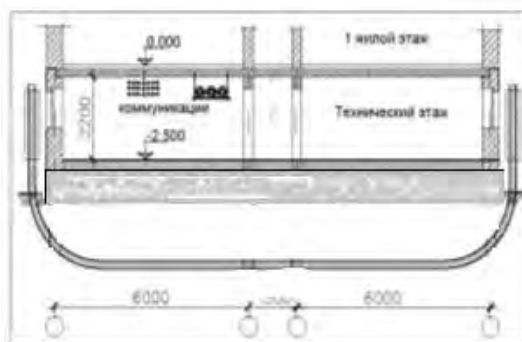


Рис. 6. Здание без устройства холодного подполья, с эффективной теплоизоляции и горизонтальной СОУ

В настоящее время появились современные устройства, позволяющих охлаждать грунты основания не только с поверхности, но и по глубине [7,8,9]. В результате возникла возможность сохранения грунтов основания жилого здания в мерзлом состоянии без устройства холодного подполья, только за счет эффективной горизонтальной теплоизоляции и СОУ. [10,11]. Известны решения позволяющие сохранить грунты в мерзлом состоянии за счет теплоизоляции и **горизонтальных** охлаждающих устройств как показано на рис. 6 [12]. В данной работе рассматривается вопрос о сохранении температурного режима грунтов основания за счет **вертикальных** жидкостных СОУ и эффективной теплоизоляции цокольного перекрытия.

Охлаждающие установки (СОУ) существуют двух типов – жидкостной СОУ 1 и парожидкостной СОУ 2. Они отличаются способом переноса тепла. Если это осуществляется за счет циркуляции жидкости, то их именуют конвективными термосифонами, а если за счет фазовых превращений жидкого теплоносителя в пар, то такие термосифоны называют парожидкостными.

Главные достоинства жидкостных термосифонов — минимальные расходы на эксплуатацию и высокая надежность при длительном сроке службы. Так как давление жидкости внутри трубы равно атмосферному нет опасности разгерметизации. Но даже в случае попадания керосина в мерзлый грунт он не растворяется. Недостатком СОУ 1 является высокий расход металла, большой объем керосина, повышенные затраты на изготовление и, как следствие, высокая стоимость.

Достоинство парожидкостных термосифонов является простота конструкции при стандартных решениях. В большинстве случаев, используются трубы диаметром 32-57 мм. При этом масса термосифона не превышает 70 кг, что позволяет их устанавливать вручную в скважины, пробуренные переносными малогабаритными станками. Недостатком являются трудности при процессе заправки и вакуумирования термосифонов. Обследование СОУ 2 на объектах городов Воркута, Норильск, Салехард, и др. установлено, что вакуумирование, не даёт полного удаления воздуха из его внутренней полости и требуется наблюдения и контроль в процессе эксплуатации этих систем. В связи с этим термосифоны типа СОУ 1 больше подходят для длительного охлаждения оснований капитальных жилых зданий массового строительства со сроком службы не менее 50 лет при минимальных расходах на эксплуатацию. [12,13]

Основным достоинством вертикальных охлаждающие устройств в отличие от горизонтальных является то, что они располагаются вне здания, а не под зданием. В результате их ремонт в случае выхода из строя обойдется значительно дешевле.

Сохранение температурного режима грунтов основания за счет **вертикальных** жидкостных СОУ и эффективной теплоизоляции цокольного перекрытия основан на следующих предпосылках.

Тепло от здания через цокольное перекрытие отводится в грунты основания, а затем удаляется за счет вертикальных охлаждающих устройств, расположенных по боковым

границам основания, а также за счет подстилающих мерзлых грунтов, как показано на рис.7. Такое решение позволяет возможность получить близкий к стационарному температурный режим грунтов основания в течение всего годового цикла при положительных температурах в техническом этаже.

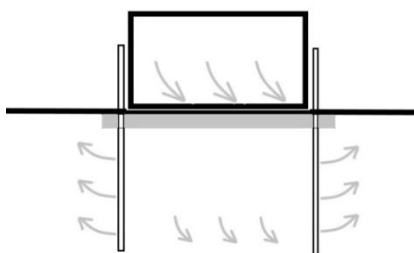


Рис. 7. Тепло от здания через цокольное перекрытие отводится в грунты основания, а затем удаляется за счет вертикальных охлаждающих устройств, расположенных по боковым границам основания

Температурный режим основания здания зависит, прежде всего, от температуры грунтов основания в зоне нулевых годовых амплитуд, температуры поверхности пола технического этажа, ширины здания, термического сопротивления теплоизоляции и эффективности охлаждения СОУ.

Для изучения температурного режима грунтов оснований с вертикальными СОУ и тепловой изоляцией применялось численное моделирование.[14] Температурное поле в основании здания шириной 12 м при глубине погружения свай и термическом сопротивлении изоляции $R = 6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$ показано на рис.8. Как видно из расчетов тепловое влияние здания распространяется на глубину до 8...10 м. Ниже, как под зданием, так и вне его, температура грунта практически постоянная. В зоне влияния охлаждающих устройств на глубине 8...10 м образуются области с температурой до -3°C за счет совместного влияния поверхностного охлаждения и «работы» СОУ. Это говорит об охлаждении грунтов за зимний период больше, чем постоянный тепловой приток из здания.

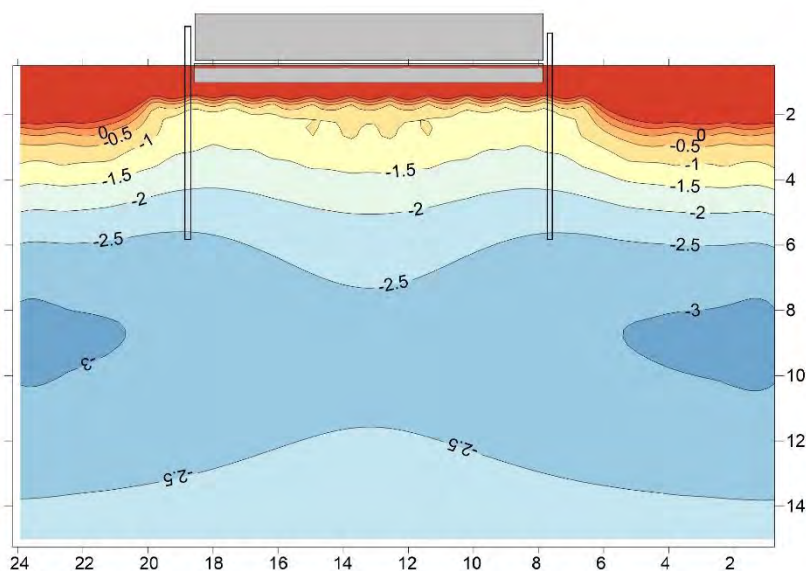


Рис. 8. Температурное поле в основании здания шириной 12 м при глубине погружения свай и термическом сопротивлении изоляции $R = 6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Стабилизация положительных температур в пределах слоя мощностью 1,5 м свидетельствует о возможности строительства зданий не только на свайных фундаментах, вмороженных в грунт, и но и на фундаментной плите, если она будет опираться на основание с практически постоянными в течение года характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порхаев Г.В. Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномерзлыми грунтами. – М.: Наука, 1970. – 208 с.
2. Melnikov P.I., Makarov V.I., Plotnikov A.A. The engineering-physical basis of temperature regulation of ground massifs in northern construction // Eng. Geol. – 1981. -18. –Pp. 165-174.
3. Алексеева О.И., Балобаев В.Т. и др. //О проблемах градостроительства в криолитозоне (на примере Якутска)//- Криосфера Земли, 2007, т. XI, №2, с. 76–83
4. Perreault P., Shur Y. // Seasonal thermal insulation to mitigate climate change impacts on foundations in permafrost regions // Cold Regions Science and Technology. -2016. – V.132. –Pp. 7-18.
5. Плотников А. А. Температурный режим грунтов основания жилого дома с холодными помещениями под зданием. Геокриологические исследования в Западной Якутии. Наука, Новосибирск. 1980,с. 102-107.
6. Плотников А.А. Assessment of a possibility of partial use the cold ventilated spaces under buildings in the Permafrost zone // IOP C S: MSE VI 463(3):032070. -2018. -12.
7. National Standard of Canada CAN/CSA-S500-14 . Thermosyphon foundations for buildings in permafrost regions(August 2014)
8. Anna M. Wagner. Review of Thermosyphon Applications. The US Army Engineer Research and Development Center (ERDC) February 2014
9. Drage J., H. Brooks. 2012. Performance of a thermopile (Long Thermopile) foundation—50 years later. In Cold Regions Engineering 2012, Quebec City, Canada, 358–368.
10. Ибрагимов Э.В., Гамзаев Р.Г. Системы термостабилизации грунта для зданий и сооружений с проектным решением полов по грунту// Журнал нефтегазового строительства, 2014, № 1, С. 40 – 45
11. Ефимов В.М., Попенко Ф.Е., Рожин И.И., Степанов А.В., Большев К.Н. Формирование температуры грунтов оснований при использовании сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) в условиях криолитозоны центральной Якутии // Арктика и Антарктика. - 2017. - № 4. - С. 98-105.
12. Кроник Я.А. Безопасность оснований и фундаментов зданий и сооружений.на многолетних грунтах. ОФМ Г, №3-17 с. 36.
13. Ибрагимов Э.В., Кроник Я.А., Пустовойт Г.П. Опыт использования тепловых насосов в качестве систем термостабилизации грунта в криолитозоне. ОФМГр -5 /2015.
14. Плотников А.А. Сохранение стабильного температурного режима мерзлого основания за счет теплоизоляции и охлаждающих устройств. 2020 – 4, ОФМГ с 22-26

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЩЕБЕНОЧНОЙ СВАИ (КОЛОННЫ) С РОСТВЕРКОМ И С ОКРУЖАЮЩИМ И ПОДСТИЛАЮЩИМ ГРУНТОМ С УЧЕТОМ ИХ УПРУГИХ И УПРУГО-ВЯЗКИХ СВОЙСТВ

З.Г. Тер-Мартirosян¹, Г.О. Анжело²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*gic-mgsu@mail.ru*

²*nocgeo@mail.ru*

Аннотация

В статье приводится постановка и аналитическое решение задачи для количественной оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) двухслойного грунтового цилиндра конечных размеров, вмещающего щебеночную сваю, взаимодействующую с окружающим и подстилающим грунтами с учетом упругих свойств сваи и упруго-вязких свойств грунта. Показывается, что в упругой постановке нагрузка от ростверка распределяется между сваей и окружающим грунтом в зависимости от соотношения модулей деформации сваи и грунта (E_c / E_z), а также соотношения площадей поперечного сечения сваи и окружающего грунта $A_c / A_z = a^2 / (b^2 - a^2)$.

В упруго-вязкой постановке начальное упругое распределение напряжения трансформируется во времени и в пространстве. Также приводятся формулы для определения приведенных параметров упругости и вязкости ячейки (свая – окружающий грунт), которые в значительной степени упрощают расчет плитного фундамента на армированном основании щебеночными сваями.

ВВЕДЕНИЕ

1. Исходные положения и уравнения

При строительстве на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, подстилаемыми сравнительно плотными грунтами часто возникает необходимость преобразования слабого слоя с помощью щебеночных свай-дрен и опирания на них плитного фундамента.

При взаимодействии плитного фундамента с подстилаемым преобразованным основанием необходимо определить закономерности распределения равномерной нагрузки от плиты между щебеночными сваями и окружающими их грунтами в зависимости от шага свай, соотношения площадей поперечного сечения сваи и окружающего грунта в ячейке ($A_c / A_z = a^2 / (b^2 - a^2)$), а также в зависимости от физико-механических свойств окружающего грунта и сваи.

Расчетная геомеханическая модель задачи и соответствующая расчетная реологическая модель представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Поскольку подстилающий слой имеет большую жесткость ($E_2 \gg E_c \gg E_z$), то решение задачи можно будет рассматривать по схеме свая-стойка, полагая, что осадка ростверка, сваи и окружающего грунта равны, т.е. $S_p = S_c = S_z$.

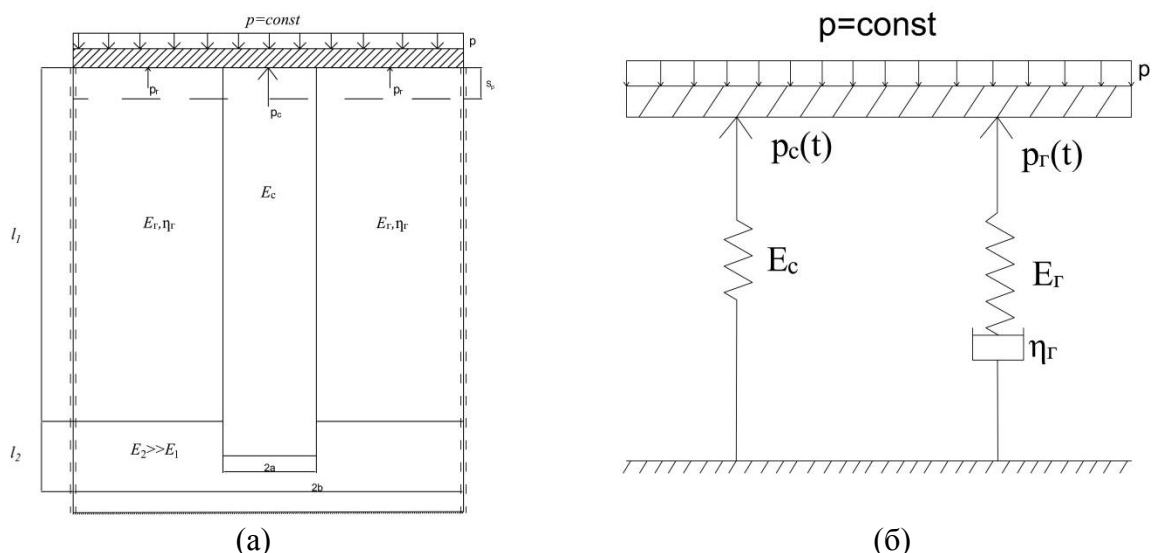


Рис. 1. Расчетная модель взаимодействия щебеночной сваи с окружающим и подстилающим грунтом и ростверком

(а) и соответствующая реологическая расчетная модель на основе модели Максвелла (б)

Из расчетной модели (1а) следует, что имеет место уравнение равновесия:

$$p = p_c \omega + p_z (1 - \omega) \quad (1)$$

где $\omega = a^2 / (b^2 - a^2)$, а и b - радиусы сваи и грунтового цилиндра.

2. Решение в линейной постановке

Из условия равенства осадок ростверка, сваи и окружающего грунта ($S_p = S_c = S_z$) следует, что

$$\varepsilon_p = \varepsilon_c = \varepsilon_z \text{ или } \frac{p_c}{E_c} = \frac{p_z}{E_z} = \frac{p_{np}}{E_{np}} \quad (2)$$

Отметим, что здесь компрессионный коэффициент 0,8 во всех величинах сокращается. Совместное рассмотрение (1) и (2) приводит к выражениям

$$p_c = p \frac{E_c}{E_c \omega + E_z (1 - \omega)}; \quad p_z = p \frac{E_z}{E_c \omega + E_z (1 - \omega)} \quad (3)$$

Кроме того в этом случае получается, что приведенный модуль линейной деформации ячейки (грунтовой цилиндр со щебеночной свайей) в целом имеет вид

$$E_{np} = E_c \omega + E_z (1 - \omega) \quad (4)$$

Очевидно, что для определения осадки плитного фундамента использование приведенного модуля деформации ячейки в значительной степени упрощает расчет, так как

$$S_{np} = p / E_{np}' \cdot l_1 \quad (5)$$

где $E_{np}' = 0,8 E_{np}$.

3. Решение в упруго-вязкой постановке

В этом случае уравнение равновесия имеет вид

$$p = p_c \cdot(t) \cdot \omega + p_z \cdot(t) \cdot (1 - \omega) \quad (6)$$

Из условия равенства $S_p = S_c = S_z$ следует, что $\varepsilon_c = \varepsilon_z$. Тогда получаем

$$\frac{p_z}{\eta_z} + \frac{p_z}{E_z} = \frac{p_c}{E_c} \quad (7)$$

$$p_c = p_2 \frac{1 - \omega}{\omega} \quad (8)$$

Совместное решение (6), (7) и (8) приводят к следующему выражению

$$p_2(t) = p \frac{E_2 \cdot \exp(-Qt)}{E_c \omega + E_2(1 - \omega)} \quad (9)$$

$$p_c(t) = p \left(1 - \frac{E_2(1 - \omega) \cdot \exp(-Qt)}{E_c \omega + E_2(1 - \omega)} \right) \quad (10)$$

Для проверки условия $p < p^*$, где p^* начальная критическая нагрузка при действии распределенной нагрузки $p = const$ по площади круга диаметром $d = 2a$. Она определяется по формуле [8]

$$p^* = \bar{\gamma} l_1 + \frac{2\bar{\gamma} l_1 \sin \varphi + 2c \cos \varphi}{1 - 2\nu} \quad (11)$$

где $\bar{\gamma}$ - среднее значение удельного веса грунтов в пределах $a < z < h$, l_1 - глубина пяты сваи.

При $p < p^*$ обеспечиваются условия для расчета поставленной задачи в линейной постановке. Осадку ростверка $S_p(t)$ можно определить, полагая, что она равна осадке сваи по формуле

$$S_p(t) = S_c(t) = p_c(t) / E_c = pl_1 \left(\frac{1}{E_c} - \frac{E_2}{E_c} \cdot \frac{(1 - \omega) \exp(-Qt)}{E_c \omega + E_2(1 - \omega)} \right) \quad (12)$$

При $t \rightarrow \infty$ получаем стабилизированную осадку

$$S_p(t \rightarrow \infty) = pl_1 E_c \quad (13)$$

ВЫВОДЫ

При взаимодействии плитного фундамента со слабым слоем глинистого грунта, армированного щебеночными сваями возникает сложное и неоднородное НДС, т.к. начальное распределение нагрузки $p = const$ распределяется между щебеночными сваями и грунтов в межсвайном пространстве во времени.

Трансформация начального распределения нагрузки "p" в соответствии с расчетом в линейной постановке меняется во времени $p = p_c \cdot (t) \cdot \omega + p_2 \cdot (t) \cdot (1 - \omega)$, причем $p_c(t)$ и $p_2(t)$ существенно зависит от параметров упругости (E_c, E_2) и от $\omega = a^2 / (b^2 - a^2)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа. 1978. 441 с.
2. Маслов Н.М. Основы инженерной геологии и механика грунтов. М.: Высшая школа. 1968. 631 с.
3. Ржаницын А.Р. Теория ползучести. М.: Стройиздат. 1968. 415 с.
4. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З. Механика грунтов. М.: АСВ. 2020. 950 с.
5. Тер-Мартirosян З.Г. Реологические параметры грунтов и расчёты оснований сооружений. М.: Стройиздат. 1990. 200 с.
6. Тер-Мартirosян З.Г., Нгуен Занг Нам Взаимодействие свай большой длины с неоднородным массивом с учетом нелинейных свойств грунтов // Вестник МГСУ. №2. 2008. С. 3-14.
7. Тер-Мартirosян З.Г., Чинь Туан Вьет Взаимодействие одиночной длинной сваи с основанием с учетом сжимаемости ствола сваи // Вестник МГСУ. №9. 2011. С. 104-110.
8. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Сидоров В.В. Начальное критическое давление под подошвой круглого фундамента и под пятой буронабивной сваи круглого сечения // Естественные и технические науки, № 11-12 (78). 2014. С. 372-376.
9. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов / под ред. А.А. Бартоломей. М.: Стройиздат, 1994. 384 с.
10. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З. Экспериментально - теоретические основы преобразования слабых водонасыщенных глинистых грунтов при поверхностном и глубинном уплотнении // Инженерная геология. 2015. №4. С. 16-25.

11. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Манукян А.В., Анжелo Г.О. Взаимодействие сваи-дрены с окружающим уплотненным глинистым грунтом и ростверком с учетом фактора времени // Жилищное строительство. 2017. №11. С. 26-29.
12. Тер-Мартirosян А.З., Рубцов О.И. Экспериментально - теоретические основы преобразования слабых водонасыщенных глинистых грунтов при глубинном уплотнении ротором // Инженерная геология. 2014. №3. С. 26-35.
13. Coyle H.M., Reese L.C. Load transfer for axially loaded piles in clay // Journal Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE. March 1996. Vol. 2. No. 2. Pp. 1-26.
14. Randolph M.F., Wroth C.P. Analysis of deformation of vertically loaded piles // Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers. 1978. Vol. 104. No. 12. Pp. 1465-1488.
15. Poulos H.G., Davis E.H. Pile foundation analysis and design. New York: John Wiley and Sons, 1980. 397 p.

Секция 6. Гидротехническое и энергетическое строительство

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙНОГО ПУЗЫРЬКОВОГО ПОТОКА КОНТРВИХРЕВОГО АЭРАТОРА

В.К. Ахметов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26,
vadim.akhmetov@gmail.com*

Аннотация

В представленной статье рассматривается задача о движении струйного аэрированного потока применительно к решению проблемы экологической очистки и обогащению кислородом загрязненных водоемов. Для создания исходного водовоздушного потока используется контрвихревой аэратор, конструкция которого разработана в лаборатории закрученных потоков НИУ МГСУ. Построена корректная математическая модель течения для задачи распространения аэрированного потока жидкости на основе метода интегральных соотношений. Выписана замкнутая система уравнений, для которой в частном случае получено точное решение. В общей постановке задача Коши решена численным моделированием методом конечных разностей. По результатам вычислений определены зависимости максимальной глубины проработки водоема, для которых получены аппроксимирующие формулы, траектории пузырьковых зон, даны рекомендации по применению полученных результатов.

Результаты численного моделирования сопоставлялись с данными экспериментов, проведенных на модели контрвихревого аэратора.

Выполненные исследования представляют интерес для проектирования и эксплуатации различных систем струйной аэрации и были использованы, в частности, для проведения гидравлических и инженерных расчетов аэрационной системы Большого пруда Московского зоологического парка.

ВВЕДЕНИЕ

Экологический аспект состояния естественных и искусственных водоемов в настоящее время является одним из важнейших направлений безопасности жизнедеятельности. Качество воды во многих реках, озерах, водохранилищах и прудах часто не соответствует требуемым нормативам, а в процессе эксплуатации ряда строительных объектов (прудов-охладителей теплоэлектростанций или прудов-накопителей химических производств) отмечается существенная концентрация вредных примесей.

Искусственная аэрация в значительной степени способствует улучшению экологического состояния таких объектов. Способы аэрации основаны на различных физических принципах (биологическом, химическом, физико-механическом и др.), применение которых позволяет насыщать кислородом загрязненные массивы жидкостей.

В проблемной научно-исследовательской лаборатории закрученных потоков МИСИ-МГСУ была разработана эффективная конструкция устройства, названного контрвихревым аэратором, для искусственной аэрации. Принцип работы контрвихревого аэратора основан на взаимодействии противоположно соосно закрученных потоков, формирующихся завихрителем улиточного типа. За счет действия центробежных сил на оси течения возникает разрежение, которое приводит к втягиванию в поток атмосферного воздуха. В дальнейшем гидродинамические процессы превращают сплошную воздушную среду в множество пузырьков. Параметры устройства подобраны таким образом, что на выходе из

сопла аэратора общая закрутка гасится взаимодействием потоков. В результате этого создается осевой аэрированный водовоздушный поток, использование которого позволяет насыщать кислородом прорабатываемые водоемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим математическую модель движения водовоздушной струи, поступающей из цилиндрической трубы диаметром D_0 с начальной скоростью U_0 в неподвижный массив жидкости под некоторым углом θ_0 ($0 \leq \theta_0 \leq 90^\circ$) к поверхности. В криволинейных координатах, образованных центральной линией струи s , нормалью к ней n и углом между s и поверхностью водоема система уравнений движения пузырьковой струи в безразмерных переменных

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{s}{D_0}, \quad \tilde{D} = \frac{D}{D_0}, \quad \tilde{A} = \frac{A}{A_0}, \quad \tilde{U}_L = \frac{U_L}{U_{L0}}, \quad \tilde{U}_B = \frac{U_B}{U_{B0}}, \quad U_R = \frac{U_{B0}}{U_{L0}}, \quad d_R = \frac{d_B}{D_0}, \\ \tilde{E} &= \frac{E}{U_{L0}D_0}, \quad \tilde{V}_B = \frac{V_B}{V_{B0}}, \quad \tilde{\alpha} = \frac{\alpha}{\alpha_0}, \quad \tilde{x}_c = \frac{x_c}{D_0}, \quad \tilde{y}_c = \frac{y_c}{D_0}, \quad \rho_R = \frac{\rho_B}{\rho_L}, \end{aligned} \quad (1)$$

может быть (опуская в дальнейшем знак тильда) представлена в виде [8]

$$\frac{1}{A} \frac{dA}{d\xi} - \frac{\alpha_0}{1-\alpha\alpha_0} \frac{d\alpha}{d\xi} = \frac{4}{\pi} \frac{E}{U_L A (1-\alpha\alpha_0)} - \frac{1}{U_L} \frac{dU_L}{d\xi}, \quad (2)$$

$$U_B \alpha \rho_R U_R^2 \alpha_0 \frac{dU_B}{d\xi} + U_L (1-\alpha\alpha_0) \frac{dU_L}{d\xi} = -\frac{4}{\pi} \frac{U_L}{A} E + \frac{4}{\pi} \frac{U_B}{D} \rho_R U_R^2 \alpha_0 V_B \alpha + (1-\rho_R) \alpha \alpha_0 \frac{1}{Fr} \sin \theta, \quad (3)$$

$$\left[(1-\alpha\alpha_0) U_L^2 + \rho_R \alpha \alpha_0 U_B^2 U_R^2 \right] \frac{d\theta}{d\xi} = (1-\rho_R) \alpha \alpha_0 \frac{1}{Fr} \cos \theta + \frac{4}{\pi} \frac{\rho_R \alpha \alpha_0 V_B^2 U_R^2}{\sqrt{A}}, \quad (4)$$

$$\frac{1}{A} \frac{dA}{d\xi} + \frac{1}{\alpha} \frac{d\alpha}{d\xi} = -\frac{4}{\pi} \frac{V_B}{U_B D} - \frac{1}{U_B} \frac{dU_B}{d\xi}, \quad (5)$$

$$(k + \rho_R) U_B U_R^2 \frac{dU_B}{d\xi} - k U_B U_R \frac{dU_L}{d\xi} = \frac{3}{4} c_{Ds} (U_L - U_B U_R) |U_L - U_B U_R| \frac{1}{d_R} + (1-\rho_R) \frac{1}{Fr} \sin \theta, \quad (6)$$

$$U_B \frac{dV_B}{d\xi} = \frac{1}{k + \rho_R} \left[-\frac{3}{4} c_{Dn} V_B |V_B| \frac{1}{d_R} + (1-\rho_R) \frac{1}{Fr U_R^2} \cos \theta \right], \quad (7)$$

$$\frac{dx_c}{ds} = \cos \theta, \quad \frac{dy_c}{ds} = \sin \theta. \quad (8)$$

Здесь A – площадь поперечного сечения потока, V – компонента скорости по нормали, ρ – плотность; α – параметр концентрации воздуха в единице объема смеси ($0 \leq \alpha \leq 1$); индексы L и B в переменных относятся к жидкой (liquid) и пузырьковой (bubble) средам соответственно; индекс нуль обозначает начальное значение переменной, $Fr = U_{L0}^2 / gD_0$ – число Фруда, x_c , y_c координаты центральной линии струи.

Коэффициент эжекции струи может быть вычислен с помощью следующей полуэмпирической зависимости [9]:

$$E = \begin{cases} a_1 \left[a_2 + (1-a_2) \frac{\xi}{\xi_e} \right] \pi (1-\alpha\alpha_0) \sqrt{A} U_L, & 0 \leq \xi \leq \xi_e, \\ a_1 \pi (1-\alpha\alpha_0) \sqrt{A} U_L, & \xi > \xi_e, \end{cases} \quad (9)$$

где a_1 , a_2 , ξ_e – эмпирические константы. Для коэффициентов сопротивления движению пузырьков c_{Ds} и c_{Dn} использовались данные экспериментов [8].

Решение сформулированной задачи (2)-(9) проводилось численно методом конечных разностей с использованием для решения задачи Коши методики интегрирования с переменным шагом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Важнейшей характеристикой распространения аэрированного потока является глубина H , на которую могут быть транспортированы пузырьки воздуха в водоеме. На рис. 1 представлены расчетные данные по глубине проработки H/D в зависимости от числа Фруда при различных углах подачи струи к поверхности водоема. Сравнение с экспериментальными данными, полученными на лабораторном стенде с контрвихревым устройством (маркеры отмечены звездочками и треугольниками), показывает хорошее соответствие с численными расчетами.

Распределение объемной концентрации пузырьков воздуха в водовоздушной смеси показано на рис. 2.

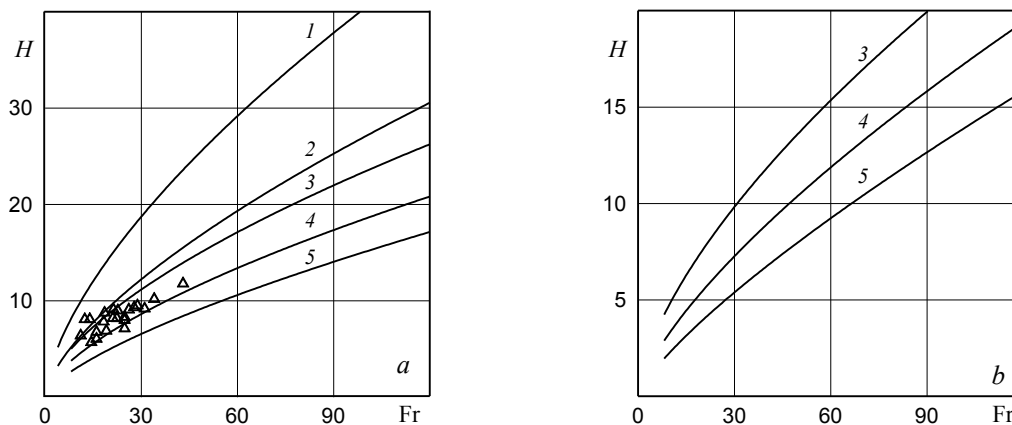


Рис. 1. Расчетные данные по глубине проработки H/D от числа Fr при $\theta_0 = 90^\circ$ (а), 60° (б), $\theta_0 = 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ (кривые 1–5)

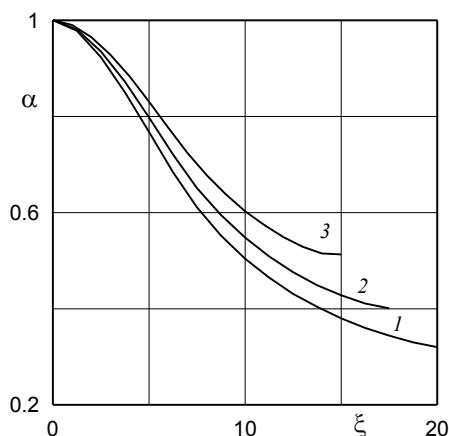


Рис. 2. Зависимость относительной объемной концентрации воздуха в смеси при $\theta_0 = 90^\circ$, $Fr = 122.45$, $\theta_0 = 0.4, 0.5, 0.6$ (кривые 1–3).

ВЫВОДЫ

1. Построенная математическая модель позволяет рассчитать основные характеристики движения водовоздушной пузырьковой смеси: максимальную глубину погружения

пузырьков, криволинейную траекторию движения струи, изменение объема концентрации воздуха в потоке.

2. Результаты сравнения численных расчетов с экспериментальными данными, полученными с помощью модельного контрвихревого устройства, подтверждают возможность применения разработанной математической модели для использования при проектировании и эксплуатации аэрационных установок данного типа.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-01-00762).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мордасов А.П., Волшаник В.В., Зуйков А.Л. Устройство для аэрации воды в рыбоводных водоемах: А.С. 856415 СССР. Открытия. Изобретения. 1981. № 31.
2. Ахметов В.К., Волшаник В.В. Исследование распространения аэрированной затопленной струи // Гидротехническое строительство. 1994. № 10. С. 24–26.
3. Ахметов В.К., Волшаник В.В., Мордасов А.П. Экологическая эффективность применения струйно-вихревых аэраторов по результатам модельных и натуральных испытаний // Физическое и математическое моделирование гидравлических процессов при исследовании гидроузлов комплексного назначения. Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1989. С. 62–63.
4. Богданов В.М., Боровков В.С., Волшаник В.В. Очистка большого пруда Московского зоопарка системой замкнутого водооборота и струйно-вихревой аэрации // Чистый город. 2000. № 1. С. 42–48.
5. Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Орехов Г.В., Баяраа У. Расход воды и эжекция воздуха в контрвихревом аэраторе // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 33–40.
6. Боровков В.С., Волшаник В.В. Инженерные системы замкнутого насосного водооборота и аэрации при экологической реконструкции гидросферы урбанизированных территорий // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. № 3 (67). С. 67–82.
7. Карелин В.Я., Кривченко Г.И., Мордасов А.П., Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Ахметов В.К. Физическое и математическое моделирование систем гашения энергии в вихревых водосбросах // Физическое и математическое моделирование гидравлических процессов при исследовании гидроузлов комплексного назначения. Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1989. С. 11–12.
8. Бруцкий Е.В. Турбулентные стратифицированные струйные течения. Киев: Наукова думка. 1986. 294 с.
9. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М.: Эколит. 2011. 715 с.
10. Stoy R.L., Stenhouse M.H., Hsia A. Vortex containment of submerged jet discharge // Trans. ASCE. J. Hydraulics Div. 1973. 99(9). Pp. 1585–1597.

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА НА СОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАГРУЗКИ

В.Б. Викулина¹, П.Д. Викулин², Г.Ш. Мамина³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*VikulinaVB@mgsu.ru*

²*VikulinPD@mgsu.ru*

³*MaminaGS@mgsu.ru*

Аннотация

В работе приводится понятие сорбционного и поверхностного явления, а также ионного обмена. Указанные процессы сопровождаются поглощением или обменом ионов за счёт свободной энергией поверхностного слоя твёрдой фазы.

Предлагается к рассмотрению процесс обмена ионов между твёрдой и жидкой фазой при фильтрации. В качестве твёрдой фазы используется синтезированная загрузка, которая находит применение в различных отраслях производств.

Отмечается, что синтезированная загрузка обладает высокой механической прочностью и химической стойкостью. Указывается, что размер и форма зерна загрузки влияет на скорость обмена ионов и гидравлическое сопротивление.

Приведена зависимость с учётом свободной энергии поверхности загрузки и механизм обмена ионов в эквивалентной зависимости. Показаны технологические характеристики некоторых видов загрузки. Продолжительность фильтрации определяется появлением в фильтрате диссоциированных ионов и зависит от обменной способности загрузки.

Выделяется статическая и динамическая обменные ёмкости. Сформулированы актуальность, цель и задачи работы. Предложено для математического описания процесса схема движения жидкости через элементарный слой загрузки. Описано приращение веществ в элементарном слое загрузки и сформулированы условия обтекания жидкостью зерна загрузки шарообразной формы. Математически показано уменьшение концентраций ионов в элементарном слое.

Обосновано получение градиента концентрации, как частной производной с двумя переменными. Вводится условие обтекания жидкостью загрузки, исходя из процессов гидродинамики. Характер обтекания элементов загрузки потоком жидкости зависит от числа Рейнольдса.

С помощью математического и физического анализа, получена теоретическая зависимость, которая связывает исходную концентрацию исследуемых веществ в воде, обменную способность загрузки, гидродинамические и физические показатели потока. Выполненные теоретические исследования, позволили обосновать выводы по данной работе и сформулировать заключение о влиянии гидродинамики потока на изменение поглощения веществ из воды загрузкой.

ВВЕДЕНИЕ

Сорбционные явления, поверхностные явления, а также их разновидность - ионный обмен представляют собой свойства тонких слоёв вещества на границе соприкосновения двух сред. Поглощение ионов или их обмен обусловлены избытком свободной энергией поверхностного слоя. Структура твёрдой фазы и её состав влияют на физический характер явления и могут сопровождаться химическими превращениями.

Рассматриваем процесс сорбции на примере ионного обмена. В качестве твёрдой фазы используем синтетические смолы. В последнее время применяются синтетические смолы, обменивающие как катионы, так и анионы в технологиях водоочистки. Кроме того, синтетические смолы применяют для концентрирования, выделения, удаления ионов в

растворах в металлургической, фармацевтической, химической, энергетической отраслей промышленности [1,2,3].

Синтетические смолы обладают высокой механической прочностью, химической стойкостью и большой обменной (сорбционной) ёмкостью. Сорбционная ёмкость твёрдой фазы аналогична свободной энергии.

Размер зёрен находится в пределах от 0.25 мм до 2.00 мм.

Размер зерна влияет на скорость ионного обмена и гидродинамическое сопротивление слоя загрузки во время фильтрования. Эта зависимость представлена неравенством

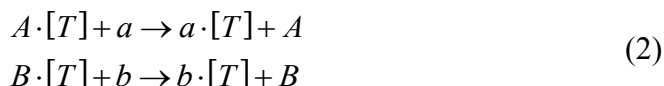
$$d \leq E \geq X \quad (1)$$

где d - диаметр зерна загрузки;

E - обменная способность или свободная энергия загрузки (ионита);

X - гидродинамическое сопротивление слоя ионита.

Диссоциированные ионы раствора при транспортировании через загрузку обмениваются с активной группой твёрдой фазы ионитами, при этом в фильтрат поступает активная группа. Взаимодействие участвующих компонентов процесса очистки, происходит на границе «твёрдое тело - раствор». Если исходная жидкость, подвергающаяся фильтрованию на ионитах, обладает электролитическими свойствами, то на поверхности загрузки избирательно адсорбируется один из ионов раствора. Механизм обмена можно представить в следующем виде



где A - активная группа катионита (H^+ , Na^+);

B - активная группа катионита (OH^- , Cl^- , SO_4^{2-});

a - извлекаемы ионы со знаком (+);

b - извлекаемы ионы со знаком (-).

$[T]$ - твёрдая фаза загрузки.

Обмен по приведённой схеме происходит в эквивалентной зависимости между обменивающимися ионами [4,5,6].

По происхождению ионит могут быть природными (например, алюмосиликат Пермутит) и синтетическими (например, Полисульфостирол) [7].

Рассматриваются в качестве твёрдой фазы иониты.

Иониты формируются:

1. по типам - катионообменные смолы, анионообменные смолы;
2. по группам - сильнокислотные, слабокислотные, сильноосновные, слабоосновные;
3. по свойствам - статическая обменная ёмкость, удельный объём, селективность;
4. по структуре - диаметр зерна 0.25 мм - 2.00 мм [8,9,10].

Таблица 1. Технологические характеристики некоторых ионитов

№ п.п.	Наименование, марка	Объёмный вес, т/м ³	Обменная способность, г-экв/м ³	Размер зёрен, мм
1	2	3	4	5
Катиониты				
1	Сульфуголь СК-1	0.7	600	1.5
2	Ку-2	0.71	1500	1.5
3	Эмберлайт IR-120	0.75	2000	0.6
4	Эмберлайт IRC-50	0.5	5000	0.5
Аниониты				
5	АН-31	0.35	1500	2.0
6	АБ-17	0.39	800	0.85
7	Эмберлайт IRA-401	0.71	800	0.85
8	Пермутит Е	0.6	1500	2.0
9	ЭДЭ-10П	0.45	800	1.5

Средний размер частиц таких ионообменных смол составляет 0.2 — 2.0 мм, насыпная масса 0.5 — 0.9 т/м³.

В условиях фильтрации раствора через слой загрузки ионита продолжительность фильтрации определяется до первого «проскока» ионов в фильтрат, зависит от обменной ёмкости (свободной энергии). При этом расчёт обменной ёмкости производят через максимальное число мг-экв ионов, поглощаемых единицей массы ионита в условиях равновесия с раствором электролита

Обменная ёмкость ионитов находится в пределах от 600 до 5000 г-экв/м³.

Различают статическую и динамическую обменные ёмкости, причём первая всегда больше второй [11].

Применение ионообменного метода очистки воды.

При обессоливании и умягчении воды широко используются различные иониты.

Деминерализованную воду получают на ионитовых фильтрах в энергетике для паросиловых установок.

Опреснение морской или грунтовой воды с высоким солесодержанием осуществляют на ионитовых фильтрах в сочетании с электродиализными установками.

В металлургической промышленности для извлечения благородных металлов из растворов используют специально синтезированные иониты.

Для переработки радиоактивных отходов и удаления опасных примесей из сточных вод метод ионного обмена является приоритетным.

В радиотехнической промышленности специальные иониты применяются для получения воды с требуемыми свойствами.

В химической промышленности иониты используются, как катализаторы в химических процессах и средство аналитического контроля, а так же для очистки и выделения продуктов органического и неорганического синтеза.

В пищевой и медицинской промышленности используются иониты для рафинирования сахара, для улучшения качества вин и соков, для получения лекарственных препаратов и витаминов [12].

Актуальность работы.

Сорбционный (ионный) обмен является частью физико-химических методов очистки природных и сточных вод. Разработка теоретических предпосылок метода сорбционного обмена применительно к растворённым диссоциированным веществам в гидродинамических условиях является актуальной задачей [13].

Цель работы.

Цель работы заключается в разработке теоретической модели процесса ионного обмена в гидродинамических условиях.

Задача работы.

Задача состоит в получении уравнения снижения концентрации диссоциированных соединений ионным обменом в гидродинамических условиях фильтрования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При движении жидкости, содержащей диссоциированные ионы, через слой загрузки (ионообменная смола), извлекаемые ионы задерживаются, а в фильтрат поступают ионы загрузки в эквивалентном соотношении. Одновременно с этим в толще загрузки накапливается масса извлекаемых ионов. Накапливаемая масса извлекаемых ионов зависит от обменной способности загрузки [14,15,16,17].

Для получения теоретического уравнения представим схему движения жидкости через слой загрузки с целью математического описания процесса [16,18], как это показано на рис. 1.

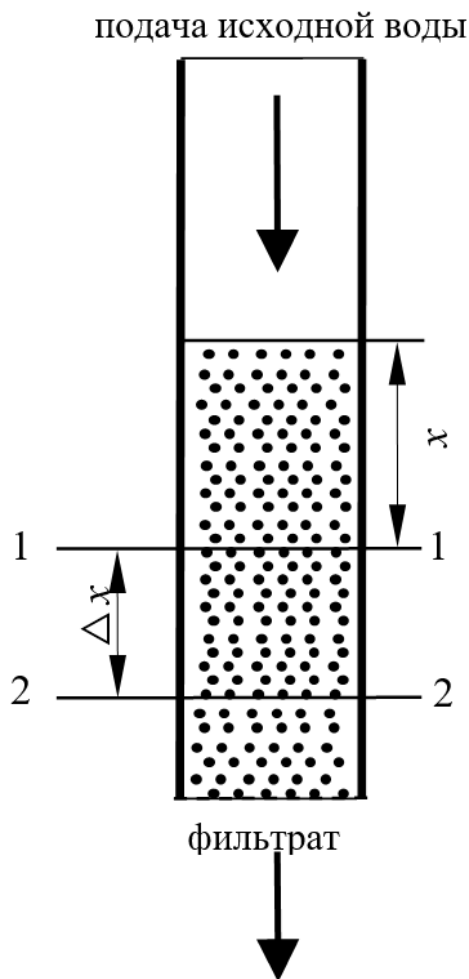


Рис. 1. Схема движения жидкости через слой загрузки

Рассмотрим элементарный слой загрузки бесконечно малой величины между двумя сечениями I – I и II – II толщиной Δx с площадью Δx^2 , на расстоянии x от её поверхности.

К сечению I – I поступает вода с весовой концентрацией C_1 , проходя через элементарную площадь загрузки, концентрация уменьшается до C_2 . Уменьшение концентраций ионов в элементарной площадке слоя загрузки составляет:

$$\Delta C = -(C_2 - C_1) = -\frac{dC}{dW} \Delta W. \quad (1)$$

Производная $\frac{dC}{dW}$ - градиент концентрации, то есть изменение её на единицу элементарного объёма.

Градиент концентрации выражен частной производной потому, что концентрация ионов в каждом сечении зависит от переменных:

- расстояния от поверхности загрузки x , соответственно площади загрузки;
- обменной способности загрузки E ;
- скорость фильтрования.

Знак минус в уравнении (1) показывает, что концентрация ионов уменьшается с увеличением расстояния x от поверхности загрузки.

Ионный обмен можно рассмотреть, как процесс взаимодействия обмена активной группы анионов загрузки (OH^- , Cl^- , SO_4^{2-}) на азотосодержащие анионы в исходной воде.

Предположим, что вода фильтруется через слой анионита (загрузки), при этом из исходной

воды удаляются азотосодержащие компоненты, а в фильтрате появляются замещённые активные группы из загрузки.

Уменьшение концентрации азотосодержащих соединений в элементарном слое загрузки составляет ΔC_1 , а увеличение азотосодержащих соединений - за счёт гидродинамических условий (скоростной режим) ΔC_2 .

Баланс концентраций ионов на участке Δx может быть представлен выражением

$$\Delta C = \Delta C_1 - \Delta C_2, \quad (2)$$

где ΔC_1 можно описать зависимостью

$$\Delta C_1 = f(E). \quad (3)$$

На процесс изъятия азотосодержащих соединений из исходной воды, кроме обменной способности загрузки E , влияет соотношение хлоридов (Cl^-) и сульфатов (SO_4^{-2}). Обозначим это соотношение через a , тогда в элементарном объёме, состоящим из элементарной площадки толщиной Δx , уменьшение концентрации ΔC_1 будет равно

$$\Delta C_1 = a \cdot \frac{E}{\Delta W} \cdot dW. \quad (4)$$

Рассматриваем второе слагаемое выражения (2), где ΔC_2 является функцией скорости фильтрования [15].

$$\Delta C_2 = f(v). \quad (5)$$

Ионообменная загрузка представляет собой множество шарообразных форм одинакового диаметра. На **Рис. 2** представлена схема обтекания шара потоком жидкости.

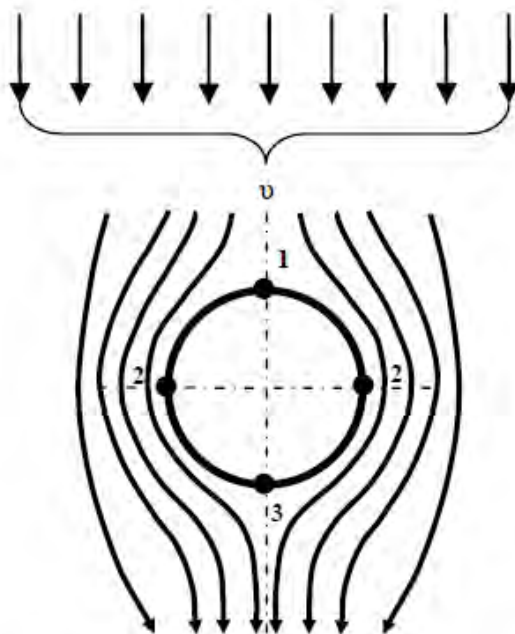


Рис. 2. Схема обтекания шара загрузки потоком жидкости со скоростью v .
1 - верхняя точка шара; 2 - боковая точка шара; 3 - нижняя точка шара

При движении жидкости через загрузку происходит обтекание водой частицы в виде шара. В этом случае одновременно действуют две силы - лобового сопротивления давления и лобового сопротивления трения. Приближаясь к шару, поток отклоняется и обтекает его.

Затем начинает двигаться ускоренно, возникает конфузальный эффект.

Увеличение скорости в потоке приводит к уменьшению давления в пограничном слое загрузки в направлении от точки 1 к точке 2. При движении к кормовой части шара поток расширяется и возникает диффузный эффект, скорость уменьшается и давление возрастает. В пограничном слое в направлении движения потока от точки 2 к точке 3 давление увеличивается. В пограничном слое движение ламинарное, частицы жидкости заторможены, не преодолевают возрастающего давления от точки 2 к точке 3. Внутри пограничного слоя, под действием давления частицы начнут движение в обратном направлении.

Возвратное течение в пограничном слое приводит к появлению вихрей, которые уменьшают давление в этой области и сила лобового сопротивления увеличивается. Характер обтекания шара потоком жидкости зависит от числа Рейнольдса, которое определяется следующим соотношением

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (6)$$

где v - скорость невозмущенного потока;

d - диаметр шара загрузки;

ν - кинематическая вязкость.

На этом основании, можно записать ΔC_2 , как

$$\Delta C_2 = Re \cdot \frac{\rho_b}{\Delta W} \cdot dW. \quad (7)$$

где Re - число Рейнольдса (от 10 до 30);

ρ - плотность исходной воды;

ΔW - элементарный объем загрузки.

Полученные зависимости подставляем в выражение (2)

$$\Delta C = \Delta C_1 - \Delta C_2 = a \cdot \frac{E}{\Delta W} \cdot dW - Re \cdot \frac{\rho_b}{\Delta W} \cdot dW. \quad (8)$$

В конечном виде уравнение можно записать следующим образом

$$-dC = \frac{dW}{\Delta W} (a \cdot E - Re \cdot \rho_b). \quad (9)$$

где $\frac{dC}{dW}$ - снижение концентрации азотосодержащих соединений в элементарном объеме;

a - коэффициент, зависящий от соотношения хлоридов и сульфатов в исходной воде;

E - обменная способность ионитов.

Полученная теоретическая зависимость связывает исходную концентрацию исследуемых веществ в воде, обменную способность ионитов, гидродинамические и физические показатели потока. В основу представленной модели положены следующие предпосылки:

- исследуемые вещества находятся в диссоциированной форме;
- извлекаемые вещества (азотосодержащие) имеют отрицательный заряд;
- соотношение хлоридов и сульфатов в исходной воде имеет влияние на эффект очистки;
- гидродинамические условия в потоке (число Рейнольдса от 10 до 30) являются необходимыми;
- форма загрузки шарообразная;
- направление движения потока жидкости при фильтровании сверху вниз.

ВЫВОДЫ

1. В результате литературного обзора показано, что можно применять процесс ионного обмена для извлечения азотосодержащих соединений из воды.

2. В работе принята теоретическая схема процесса фильтрования с приращением извлекаемых веществ в элементарном объёме.
3. В качестве загрузки рассмотрен ионит шарообразной формы.
4. Рассмотрен предельный случай обтекания потоком жидкости шара в условиях лобового сопротивления в пограничном слое.
5. Препятствия, создаваемые потоку жидкости, приводят к снижению эффекта очистки воды.
6. Подобран оптимальный режим движения жидкости для процесса ионного обмена.
7. Получено теоретическое уравнение зависимости снижения концентрации азотосодержащих соединений с учётом режима движения жидкости.

$$-dC = \frac{dW}{\Delta W} (a \cdot E - Re \cdot \rho_b).$$

8. Приведённая модель даёт возможность прогнозировать эффективность применения ионного обмена для удаления азотосодержащих соединений в гидродинамических условиях.

БЛАГОДАРНОСТИ

При подготовке настоящей работы были учтены пожелания, высказанные сотрудниками кафедры «Водоснабжения и водоотведения» НИУ МГСУ возглавляемой доктором технических наук профессором В. А. Орловым.

Авторы выражают благодарность: доктору технических наук, профессору Е. В. Алексееву, кандидату технических наук В. А. Чухину за замечания в теоретических расчётах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В. Ионный обмен и иониты. // М.: Издательство Наука. 1970. 336 с
2. Лаврушина Ю. А. Ионообменные смолы: виды, принцип действия, эффективность. // Ж. СОК. 2002. № 10 сс. 57-61.
3. Гельферих Ф. Основы ионного обмена. // М.: Издательство Иностранной литературы. 1962. 492 с.
4. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. 3-е издание, переработанное и дополненное // М.: Высшая школа. 2004. 445 с.
5. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". //СПб. ХИМИЗДАТ. 2003. 384 с.
6. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. // Киев: Наукова думка. 1983. 240 с.
7. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. // М.: Академия. 2007. 240 с.
8. Гришки А.А., Малахов И.А., Ларин Б.М. Экологические проблемы ионообменных технологий на ТЭС // Сборник материалов международной конференции «Экология энергетики». М.: Издательство МЭИ. 2000.305 с.
9. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. // М.: ДеЛи принт., 2004. сс.105-106.
10. Василенко Л.В., Никифоров А. Ф, Лобухина Т.В. Методы очистки промышленных сточных вод. // Екатеринбург УГЛТУ. 2009. 174 с.
11. Воронов Ю. В., Первов А. Г., Сомов М. А. Водоподготовка и спецводоочистка на АЭС. // Москва: Издательство АСВ, 2016. 200 с. ISBN: 978-5-4323-0147-5
12. Алексеев Е. В. Викулина В.Б., Викулин П.Д. Учебное пособие. Основы моделирования систем ВиВ. // Москва, М.; НИУ МГСУ. Издательство МИСИ-МГСУ. 2015. 128 с.
13. Алексеев Е. В., Викулина В.Б., Викулин П.Д. Учебное сетевое электронное издание. Гидравлическое моделирование систем водоснабжения и водоотведения. // Москва, М.: НИУ МГСУ, Издательство МИСИ-МГСУ. 2015.
14. Викулин П.Д. и Викулина В.Б. Гидравлика и аэродинамика систем водоснабжения и водоотведения. // учебник; М.: Издательство МИСИ-МГСУ. 2018. 396 с.

ВЛИЯНИЕ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ НА ПЛОТНОСТЬ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ МАТРИЦЫ В СОСТАВЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ДЛЯ АЭС

А.В. Денисов¹, Д.В. Зайцев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹DenisovAV@mgsu.ru

²dannil5@mail.ru, ZajcevDV@mgsu.ru

Аннотация

Среди важнейших свойств сталефибробетона при его использовании в сборно-монолитных конструкциях АЭС большое значение имеет его плотность, так как от плотности зависит прочность, коэффициент теплопроводности, проницаемость, защитные свойства от радиации и другие свойства.

Имеющие в научной литературе экспериментальные данные свидетельствуют о том, что плотность сталефибробетона не всегда аддитивна плотности его компонентов. Было сделано предположение, что при изготовлении сталефибробетона происходит разуплотнение цементно-песчаной матрицы. Однако исследования влияния фибры на фактическую плотность матрицы в составе фибробетона не проводились.

Целью настоящей работы является расчетное исследование влияние вида и содержания стальной фибры на плотность цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона.

Расчетные исследования выполнены по результатам экспериментального определения плотности образцов, изготовленных из оптимизированной цементно-песчаной матрицы и из фибробетонов на основе этой матрицы. Объемное содержание стальной фибры (пять разновидностей) составляло от 0,5% до 6 %. Фактическую плотность цементно-песчаной матрицы вычисляли на основании плотности фибробетона, плотности фибры и ее объемного содержания в фибробетоне.

В результате расчетных исследований установлено, что фактическая плотность цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона отличается от плотности матрицы без фибры. Причем различие зависит от вида фибры и увеличивается с ростом объемного содержания фибры.

ВВЕДЕНИЕ

При строительстве современных атомных электростанций в качестве несъемной опалубки сборно-монолитных конструкций стали использовать панели из сталефибробетона (материала, состоящего из цементно-песчаной матрицы, дисперсно армированной стальными волокнами) [1-4]. Успешное использование таких панелей на АЭС определяется многими факторами, в том числе свойствами сталефибробетона, из которого они выполнены, знаниями закономерностей их формирования. Среди важнейших свойств сталефибробетона при его использовании на АЭС особое значение имеет его плотность, так как от плотности, как и у других материалов [5, 6] зависит не только прочность, коэффициент теплопроводности, проницаемость, но и защитные свойства от радиации и другие эксплуатационные свойства сталефибробетона. В связи с этим исследование влияния на плотность сталефибробетона различных факторов является актуальным.

Плотность сталефибробетона определяется плотностью цементно-песчаной матрицы и процентом армирования его стальной фиброй и теоретически должна описываться законом аддитивности плотностей матрицы и фибры. Однако имеющиеся в научной литературе экспериментальные данные [7, 8] свидетельствуют о том, что плотность сталефибробетона не всегда аддитивна плотности его компонентов. Был сделан вывод, что при изготовлении сталефибробетона происходит разуплотнение цементно-песчаной матрицы, поэтому ее

плотность в составе фибробетона отличается от плотности матрицы без фибры [7, 8]. Однако исследования влияния фибры на фактическую плотность матрицы фибробетона не проводились.

Целью настоящей работы является расчетные исследования влияние вида и содержания стальной фибры на плотность цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были выполнены на образцах, изготовленных из оптимизированной цементно-песчаной матрицы (таблица 1) и из фибробетонов на основе этой матрицы. Использовали пять видов стальной фибры (таблица 2).

Таблица 1. Технологический состав принятой в исследованиях цементно-песчаной матрицы

Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Состав на 1 м ³ , кг					
	цемент (Ц)		песок кварцевый (П)		микрокремнезем (МК)	гиперпластификатор Sika 5-800 (ГП)
	класс	расход	фракция, мм	расход		
8.5	ЦЕМ 52.5	725	2.5	1213	56.5	10.5

Таблица 2. Виды и характеристики стальной фибры, использованной в исследованиях

Вид фибры	Характеристика фибры	Длина волокна, мм	Диаметр волокна, мм	Нормативное сопротивление растяжению, МПа
ФСПВ 30×0.8	Рубленая из проволоки волнистая	30	0,8	860
ФСПВ 15×0.3		15	0,3	2450
ФСП-А 30×0.3	Рубленая из проволоки с анкерами по концам волокон	30	0,3	2650
ФСЛ 40×0.8	Резанная из стального листа переменного профиля	40	0,8	580
Нарех 32×1.2	Фрезерованная из слябов с анкерами по концам волокон	32	1,2	600

Исследования проводила на образцах фибробетона, которые подготавливали для исследования влияния нагревания на фибробетон при использовании его для изготовления панелей несъемной опалубки сборно-монолитных конструкций АЭС.

В связи с этим для исследований изготавливали образцы-пластины шириной 60-80 мм, длиной 130-170 мм, толщиной 20 мм..

Образцы изготавливали по следующей технологии: бетонную смесь замешивали в бадье с механическим миксером до достижения необходимой подвижности бетонной смеси и продолжали перемешивать в течении 5 минут. Фибру добавляли вручную в процессе перемешивания, чтобы добиться равномерного распределения стальных волокон по объему бетонной смеси и избежать образования «ежей». Далее смесь укладывали в отформованную опалубку высотой 20 мм, шириной 280 мм, длиной 400 мм. Вибростенд не использовали, дабы избежать оседания стальной фибры на дно формы, так как применялась удобоукладываемая смесь. Через 24 часов плиту распалубливали и выдерживали в нормальных температурно-влажностных условиях. Через 28 суток плиты распиливали на 12 частей, для получения плиточек указанных выше размеров. Возраст образцов к моменту испытаний составлял 28 -31 суток.

Изготавливали образцы из цементно-песчаной матрицы и фибробетонов с объемным содержанием стальной фибры 0,5% , 1%, 1,5%, 3% и 6%.

Для определения плотности матрицы без фибры и фибробетонов использовали от 5 до 9 партий образцов по 3 образца в каждой партии. Плотность образцов фибробетона определяли на основании измерений массы с помощью электронных весов с точностью измерения до 1/1000 грамма и линейных размеров микрометром с точностью 0,01 мм.

Расчетное определение фактической плотности $\gamma_{MФ}$ цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона, исходя из формулы закона аддитивности, выполняли по формуле:

$$\gamma_{MФ} = \frac{\gamma_{ФБ} - \gamma_{Ф} \cdot \mu_{fv} / 100\%}{1 - \mu_{fv} / 100\%},$$

где $\gamma_{MФ}$, $\gamma_{ФБ}$, $\gamma_{Ф}$ - плотность цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона, плотность фибробетона и плотность фибры соответственно;
 μ_{fv} - объемное содержание фибры в %.

Статистическую значимость различий между плотностью матрицы без фибры и матрицы в составе фибробетона проверяли с использованием t-критерия, определяемого по формуле:

$$t_{\text{эксп}} = \frac{|x_1 - x_2| \sqrt{n_1 + n_2}}{S_{x_{\text{общ}}}}$$

где $t_{\text{эксп}}$ - экспериментальное значение t-критерия.

x_1 и x_2 - значения сравниваемых плотностей;

n_1 и n_2 - количество определений сравниваемых плотностей

$S_{x_{\text{общ}}}$ - общее средне квадратическое отклонение, определяемое по формуле:

$$S_{x_{\text{лбщ}}}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_{x_1}^2 + (n_2 - 1)S_{x_2}^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

где $S_{x_1}^2$ и $S_{x_2}^2$ - среднее квадратическое отклонение при определении величин x_1 и x_2 .

Считали, что различия в значениях x_1 и x_2 статистически значимы если

$$t_{\text{эксп}} > t_{P=0,95}(f)$$

где $t_{\text{эксп}} > t_{P=0,95}(f)$ – табличное значение t-критерия при доверительной вероятности $P=0,95$ при числе степеней свободы $f = n_1 + n_2 - 2$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты экспериментального определения плотности исследованных разновидностей сталефибробетона и его цементно-песчаной матрицы без фибры, а также расчетного определения фактической плотности их цементно-песчаной матрицы с параметрами, характеризующими статистическую значимость различий в плотности матрицы в составе фибробетона от плотности матрицы, изготовленной без фибры, приведены в таблице 3.

Из таблицы видно, что плотность сталефибробетонов незначительно изменяется или уменьшается по сравнению с плотностью матрицы без фибры при ее объемном содержании 0,5% и возрастает у всех исследованных фибробетонов с ростом объемного содержания фибры в интервале 1 – 6%.

Фактическая плотность матрицы в составе фибробетона с ростом объемного содержания фибры у большинства составов (за исключением фибробетона с фиброй ФСРВ 15х0,3 в количестве 0,5 % по объему) статистически значимо отличается от плотности матрицы без фибры. Причем для большинства составов средняя фактическая плотность матрицы в составе

фибробетона (за исключением фибробетона с фиброй ФСПВ 15x0,3 в количестве 0,5 % по объему) статистически значимо ниже плотности матрицы без фибры.

Зависимость фактической расчетной плотности цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона от объемного содержания различной фибры приведена на рисунках 1 – 3. Видно, что в большинстве случаев фактическая расчетная плотность цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона уменьшается с увеличением объемного содержания фибры. Приведены полученные математические выражения, аппроксимирующие эти зависимости. Однако характер зависимости и степень влияния зависит от вида фибры.

Наиболее наглядно это показано на рисунке 4, где объединены все зависимости рисунков 1 – 3, но без средних квадратических отклонений и без линий аппроксимации, а со сглаженными линиями по средним значениям плотности.

Таблица 3. Результаты экспериментального определения плотности исследованных разновидностей сталефибробетона и расчетного определения фактической плотности их цементно-песчаной матрицы с параметрами, характеризующими статистическую значимость различий в плотности матрицы в составе фибробетона от плотности матрицы, изготовленной без фибры

Материал	Объемное содержание фибры $\mu_{fv}, \%$	Число исследованных партий n по 3 образца	Среднее экспериментальное значение плотности фибробетона, $\gamma_{ФБ}, \text{кг/м}^3$	Среднее вычисленное значение плотности матрицы в фибробетоне $\gamma_{МФ}, \text{кг/м}^3$	Экспериментальное значение $t_{\text{эксп}}$	Табличное значение $t_{P=0,95}(f)$
Матрица	0	9	2285±27	-	-	-
Фибробетон с фиброй ФСПВ 15x0,3	0,5	6	2297±45	2269±46	1,11	2,16
	1	8	2320±20	2265±20	3,35	2,13
	1,5	7	2321±12	2238±12	6,27	2,14
	3	7	2402±26	2235±23	7,77	2,14
	6	7	2525±23	2188±25	14,78	2,14
Фибробетон с фиброй ФСП-А 30x0,3	0,5	7	2331±7	2304±7	2,72	2,14
	1	7	2324±16	2269±16	2,75	2,14
	1,5	7	2344±9	2261±9	3,32	2,14
Фибробетон с фиброй ФСПВ 30x0.8	0,5	5	2219±11	2191±11	11,98	2,18
	1,5	8	2265±15	2181±21	19,19	2,13
	3	5	2321±20	2151±21	19,76	2,18
	6	5	2314±34	1964±36	26,61	2,18
Фибробетон с фиброй ФСЛ 40x0.8	1	5	2276±25	2220±25	9,15	2,18
	1,5	5	2295±24	2211±25	10,37	2,18
	3	5	2382±34	2215±35	8,75	2,18
	6	5	2553±45	2219±48	6,95	2,18
Фибробетон с фиброй Нагех 32x1.2	0,5	6	2273±16	2245±16	6,53	2,13
	1	5	2287±14	2231±15	9,43	2,18
	1,5	6	2331±27	2248±27	5,2	2,13
	3	5	2403±35	2236±36	5,96	2,18
	6	5	2536±26	2201±27	11,56	2,13

Примечания.

1. Обозначения в таблице приведены в тексте.

2. Значения плотности приведены со значениями среднего квадратического отклонения S .

Видно, что наибольшее снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона наблюдается при использовании рубленой из проволоки волнистой фибры вида

ФСПВ 30x0,8. Плотность матрицы снижается с 2850 кг/м^3 у матрицы без фибры, до величин от 2191 до 1964 кг/м^3 при объемном содержании фибры от 0,5% до 6%.

Наименьшее снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона наблюдается при использовании рубленой из проволоки с анкерами на концах волокон фибры вида ФСП-А 30x0,3. Плотность матрицы по сравнению с плотностью матрицы без фибры (2850 кг/м^3) сначала даже увеличивается до 2304 кг/м^3 при объемном содержании фибры 0,5% и уменьшается у матрицы без фибры, до величин от 2269 до 2261 кг/м^3 при объемном содержании фибры от 1% до 1,5%.

Снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона при использовании других видов фибры имеет промежуточные значения. Плотность матрицы по сравнению с плотностью матрицы без фибры (2850 кг/м^3) снижается до величин от 2245 – 2304 кг/м^3 до 2188 – 2201 кг/м^3 при объемном содержании фибры от 0,5% до 6%.

Полученные данные подтверждают выводы работ [6 и 7] о разуплотнении матрицы фибробетона и снижении ее плотности в результате введении стальной фибры.

Судя по [8] эффект разуплотнения, связан с увеличением пористости матрицы. Однако механизм этого процесса пока не ясен и требует дополнительных исследований.

Движения фибры в процессе перемешивания смеси при изготовлении образцов может, как разуплотнять материал, так и увеличивать однородность матрицы и поэтому уплотнять структуру матрицы. Кроме того по данным [9] при введении фибры происходит более глубокая гидратация портландцемента с обогащением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по поверхности фибры, что также должно уплотнять эти зоны.

Возможно, что процесс разуплотнения связан с образованием микротрещин в процессе твердения из-за напряжений, вызванных разницей деформаций матрицы (усадка) и фибры (деформации отсутствуют).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

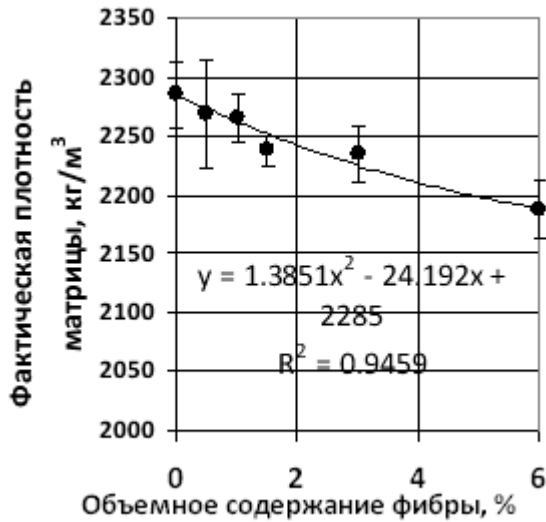
1. На основании расчетных исследований по результатам экспериментального определения плотности исследованных разновидностей сталефибробетона и матрицы без фибры установлено, что в большинстве случаев фактическая расчетная плотность цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона уменьшается с увеличением объемного содержания фибры. Приведены полученные математические выражения, аппроксимирующие эти зависимости. Однако характер и степень влияния зависит от вида фибры.

2. Наибольшее снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона наблюдается при использовании рубленой из проволоки волнистой фибры вида ФСПВ 30x0,8. Наименьшее снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона наблюдается при использовании рубленой из проволоки с анкерами на концах волокон фибры вида ФСП-А 30x0,3. Снижение плотности цементно-песчаной матрицы в составе фибробетона при использовании других видов фибры имеет промежуточные значения.

5. Полученные данные подтверждают выводы работ [6, 7, 8] о разуплотнении матрицы фибробетона и снижении ее плотности за счет повышения пористости.

6 Механизм процесса разуплотнения матрицы в составе фибробетона пока не ясен и требует дополнительных исследований. Однако наиболее вероятно, что разуплотнение в основном связано с образованием микротрещин в процессе твердения из-за напряжений, вызванных разницей деформаций матрицы (усадка) и фибры (деформации отсутствуют).

а)



б)

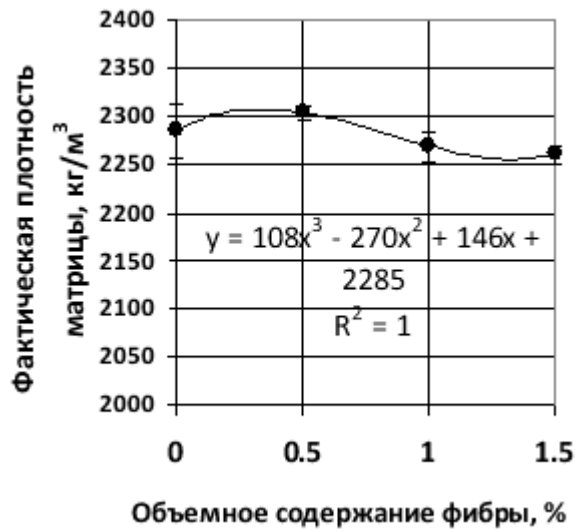
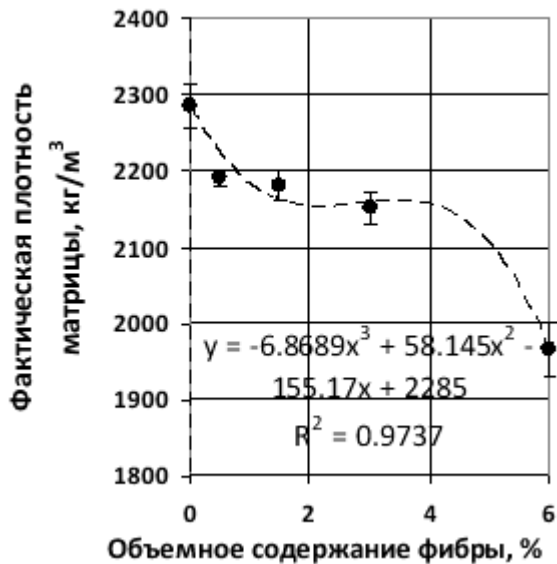


Рис. 1. Зависимость фактической расчетной плотности цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона от объемного содержания фибры вида ФСПВ 15x0,3 (а) и содержания фибры вида ФСП-А 30x0,3 (б)

Показаны средние значения и средние квадратические отклонения результатов, полученных на разных партиях образцов, а также линии аппроксимации представленных зависимостей и их математические выражения.

а)



б)

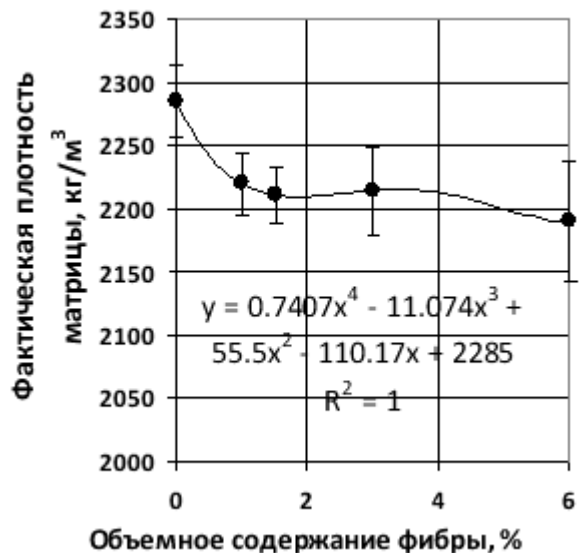


Рис. 2. Зависимость фактической расчетной плотности цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона от объемного содержания фибры вида ФСПВ 30x0,8 (а) и содержания фибры вида ФСЛ 40x0,8 (б). См. примечание к рис. 1.

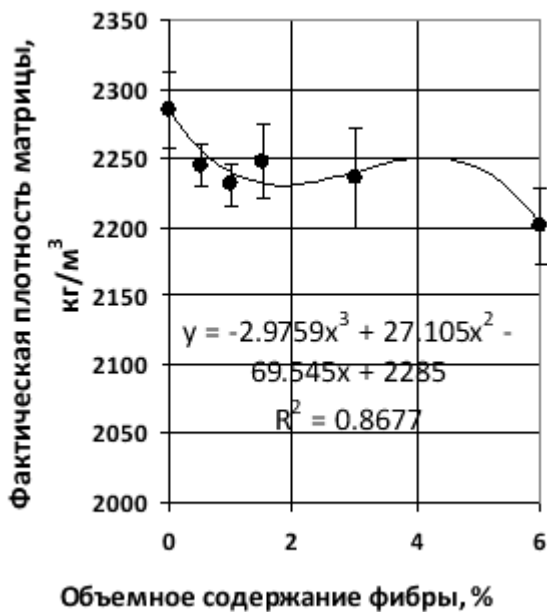


Рис. 3. Зависимость фактической расчетной плотности цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона от объемного содержания фибры вида Narex 32x1,2. См. примечание к рис. 1.

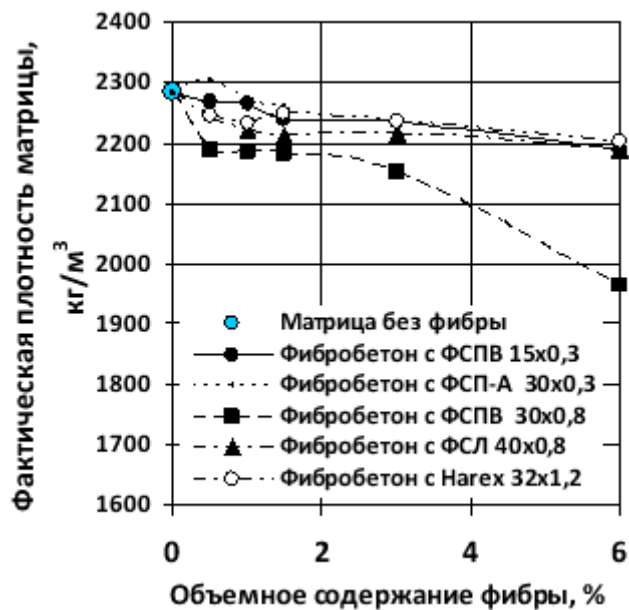


Рис. 4. Сравнение зависимостей расчетной плотности цементно-песчаной матрицы в составе сталефибробетона от объемного содержания фибры различного вида. В данном случае приведены сглаженные линии по средним значениям плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красновский Р.О., Дорф В.А. Перспективы возведения зданий и сооружений АЭС из армоблоков с несъемной сталефибробетонной опалубкой // Атомное строительство. 2013. № 15. С. 21-27.
2. Капустин Д.Е. Несъемная сталефибробетонная опалубка как несущий конструктивный элемент железобетонных конструкций зданий и сооружений АЭС: дис. ... канд. техн. наук. М., 2016. 282 с.
3. Дорф В.А., Красновский Р.О. Индустриализация строительства АЭС с использованием сборно-монолитных железобетонных конструкций с фибробетонной опалубкой. <https://ioes.ru/ru/publikatsii/stati/130-industrializatsiya-stroitelstva-aes-s-ispolzovaniem-sbornno-monolitnykh-zhelezobetonnykh-konstruktsij-s-fibrobetonnoj-opalubkoj>. Дата обращения: 10.10.20.
4. Стиховин В.Е., Распопов С.И. Опыт изготовления сталефибробетонных изделий для атомной промышленности. <http://www.tehnbeton.ru/category/tb-9-10-2018-26-28>. Дата обращения: 10.10.20.
5. Горбунов Г.И. Основы строительного материаловедения (состав, химические связи, структура и свойства строительных материалов): Учеб. издание. - М: Издательство АСВ, 2002. 168 с.
6. Строительство атомных электростанций [Текст] : учеб. для вузов / В.Б. Дубровский, П.А. Лавданский, И.А. Енговатов. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Изд-во АСВ, 2010. - 358 с.
7. Дорф В.А., Красновский Р.О., Капустин Д.К., Рогачёв К.В., Туркин В.В. Влияние типа и содержания фибры на плотность сталефибробетонов с цементно-песчаной матрицей // Технологии бетонов. 2014. No 3. С. 30-32.
8. Коледа Е.А., Бондарович А.И., Леонович С.Н. Влияние дисперсного армирования на плотность и пористость фибробетона / А. ИС. Н. // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Еврокодов): материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 30 мая 2017 г.) / - Минск : БНТУ, 2017. - С. 97-102. URI <http://rep.bntu.by/handle/data/40370>. Дата обращения: 10.10.20.
9. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: автореф. дис. д-ра техн. наук. СПб., 2005. 42 с.

КОМПОЗИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОРТОВЫМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ

И.Г. Кантаржи

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kantardgi@yandex.ru

Аннотация

Трендом в теории и практике предпроектных исследований гидротехнических сооружений в настоящее время является **«композиционное моделирование, как интегрированное и сбалансированное совместное использование гидравлического и численного моделирования»**. Выполнен SWOT анализ физических и численных моделей. Рассмотрены на примере исследования конкретных портовых объектов следующие приемы композиционного моделирования: вложение моделей и моделирование моделей. Вложение моделей широко используется для связывания численных и физических моделей в единый подход. При этом, глобальная или региональная численная модель предоставляет граничные условия для более локальной, более детализованной модели, относящейся к меньшей области. Вложение моделей традиционно используется для переноса результатов численного моделирования с глобального на локальный уровень или для запуска более детальной модели, используя менее детальную, более крупномасштабную модель. При композиционном моделировании вопрос состоит в том, как запускается детальная физическая модель, покрывающая малую область, с помощью численной модели более широкой области. Для портовых сооружений физическая модель может использоваться, например, для проверки устойчивости защитного покрытия откоса сооружения, размывов у сооружения, перелива через гребень сооружения или других нелинейных эффектов, которые сложно адекватно воспроизвести на численной модели. В этом случае волны на подходе к береговой зоне, а также их распространение к берегу с учетом эффектов трансформации волн меняющейся глубиной, рефракции и, возможно, дифракции могут. Этот метод рассматривается на примере быть промоделированы с помощью численной глобальной модели. Выходом этой модели в одной или нескольких точках на входе в береговую зону являются параметры волн, являющиеся входными для физической модели.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из традиционных методов композиционного моделирования является «вложение моделей». Рассматривается вложение моделей в исследования волнового режима для проектируемого портового терминала в заливе Восток Японского моря. Была выбрана технология моделирования волновых характеристик на подходе к порту на основе использования за 30-летний период, с 1983 по 2013 годы спектральных моделей ветровых волн WaveWatch III (глубоководная часть Японского моря) и SWAN (прибрежные акватории) [1-3]. Для построения экстремальных волновых полей различной повторяемости были отобраны максимальные за каждый год значения высот волн в узлах 3-й расчетной сетки для района акватории залива Восток подходящих к заливу с Юго-Запада, Запада и с Северо-Запада. Использовался так называемый AMS подход (построение распределения по годовым максимумам). Для каждой точки сетки были получены параметры распределения Вейбулла, по которым были вычислены значения высот волн редкой повторяемости. Получены поля высот значительных волн (13%) повторяемости возможных раз в 5, 10, 25, 50, 100 лет, имеющие 3 разных направления подхода к проектируемому порту. Для каждого направления подхода волн были выбраны по 7 контрольных точек вывода волновых параметров.

Оставалась открытой задача верификации результатов численного моделирования данными натурных измерений, в связи с отсутствием этих натурных данных. Заказчик работы направил НИУ МГСУ данные о характеристиках ветровых волн на входе в бухту Козьмино, полученные в апреле 2017 и данные о максимальных порывах ветра за это же период по данным ФГБУ Приморское УГМС. Наличие таких данных позволили провести сравнение результатов расчетов параметров ветра и волн в регионе по следующей методологии: использование полей ветра из данных глобальной модели метеорологического реанализа NCEP (National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Национального центра прогнозирования состояния окружающей среды для последующего расчета на вложенных сетках, в глубоководной области моделью Wave Watch III и в прибрежной области моделью SWAN [4]. Представлены результаты сравнения расчетов с указанными данными и данными МГ-2 о среднем ветре в стандартные сроки наблюдений, в соответствии с интернет-сайтом РП -5 «Архив погоды».

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ДАННЫМИ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРА И ВОЛН

Методика расчетов волновых полей для объекта в порту Восток, использует расчет на вложенных сетках разной размерности. По полю ветра реанализа NCEP поле волн во всей акватории Японского моря рассчитывалось моделью WaveWatch-III и результаты расчетов передавались в качестве граничных условий для расчета моделью SWAN на второй расчетной сетке.

Вторая сетка (Рис.1) покрывает Северо-Восточную часть залива Петра Великого, с запада от острова Аскольд на восток почти до мыса Бугристый. Сетка имеет размерность 101 на 53 точек, размер ячейки - 0.5 мин. или 0.9 км. Третья сетка (вложенная во вторую) покрывает акваторию залива Восток. Размер третьей сетки 144 на 118 точек, размер ячейки 0.05мин или 92м.

Заказчик работы не располагал данными измерений параметров волн для залива Восток для сопоставления с данными моделирования, но в 2017 году появилась возможность сопоставления с данными измерений профилографом, установленным у входа в залив Козьмино бухты Находка (Рис.2). При этом возникла необходимость вложения в сетку 2 еще одной вложенной сетки 4. Эта сетка покрывает весь Залив Находка, включая бухту Козьмино. Распределение глубин на этой сетке задавалось по батиметрических данных GEBCO на 30-ти секундной сетке http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/.

От Заказчика были получены как данные о максимальных порывах скорости ветра в течение апреля 2017, измеренные на Морской гидрометеорологической станции категории 2 (МГ-2) УГМС Приморская в г Находка. Положение станции и ее географические координаты показаны на рис.2.

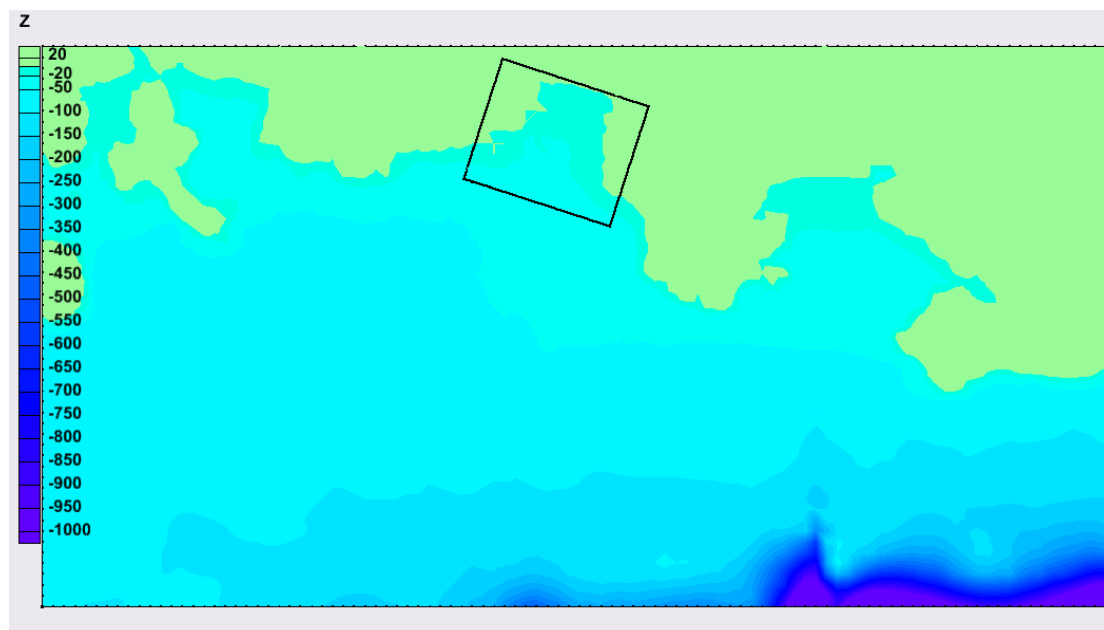


Рис.1. Область моделирования и батиметрия расчетной сетки №2 (Северо-Восточный район залива Петра Великого); выделенный прямоугольник - граница расчетной сетки №3

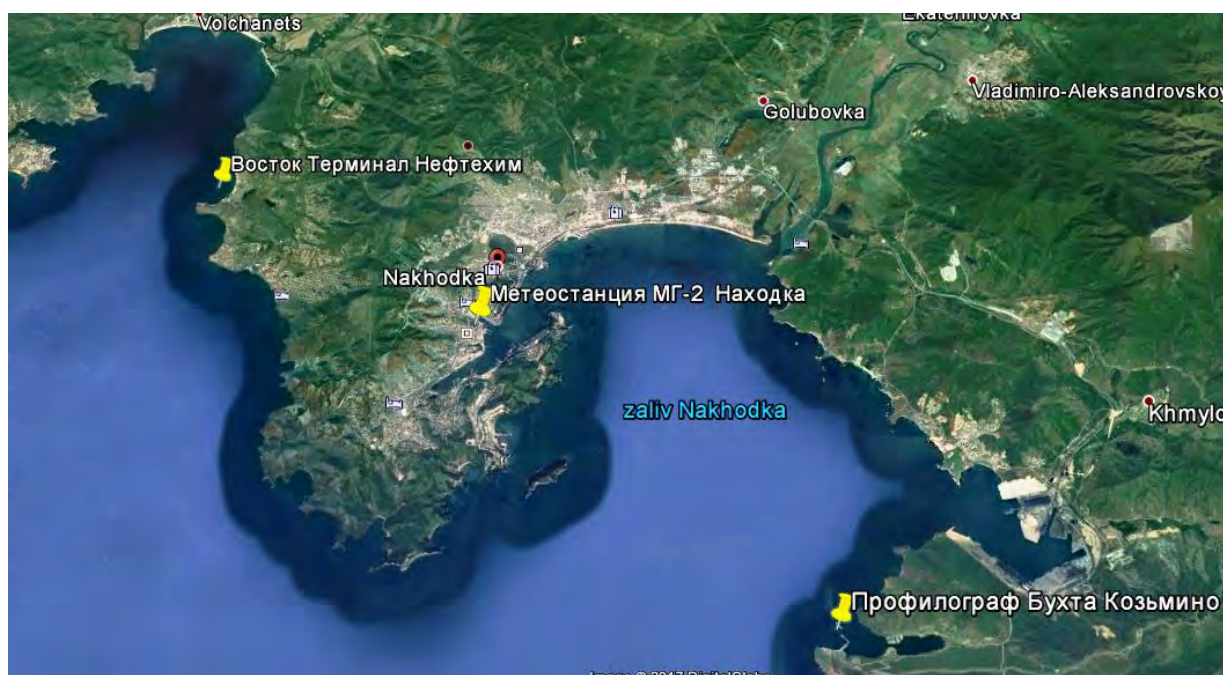


Рис.2. Расположение Терминала в заливе Восток, - объекта моделирования, метеостанции МГ-2 – точки сравнения данных о скорости ветра и профилографа- источника данных о параметрах волн на современном спутниковом снимке системы Google Earth

Метеостанция «МГ-2 Находка» находится на расстоянии 9.9 км от Терминала в бухте Восток. В то же время профилограф в бухте Козьмино находится на расстоянии 14.1 км от МГ-2, то есть профилограф уставлен на расстоянии около 24 км от Терминала в бухте Восток. Это ближайшая к бухте Восток точка стационарных гидрометеорологических наблюдений. Динамика волновых процессов как в бухте Восток, так и в бухте Находка, определяются волнами, приходящими в эти оба залива из центральной части залива Петра Великого, и трансформирующимися затем над прибрежным донным рельефом. Поэтому, в силу такой близости характера волновых процессов в заливе Находка и заливе Восток,

пригодность использованной в настоящей работе методики моделирования волн может быть верифицирована сопоставлением результатов моделирования с данными измерений профилографа, расположенного у входа в бухту Козьмино.

Для расчета поля ветровых волн в качестве входной информации используется скорость ветра (тракуемая как средняя скорость), рассчитанная глобальной метеорологической моделью реанализа NCEP. Соответственно, было важно сравнить результаты расчета этой глобальной моделью с данными не только о порывах ветра, но и со средней скоростью ветра в периоды наблюдений по метеостанции Находка. Эти данные в открытом интернет-доступе были найдены на интернет-сайте РП5.

Из рассчитанных полей скоростей ветра, представленных на сервере NCEP, интерполяцией в точку местоположения метеостанции МГ2 Находка определялась динамика скорости среднего ветра в этой точке (Рис.3).

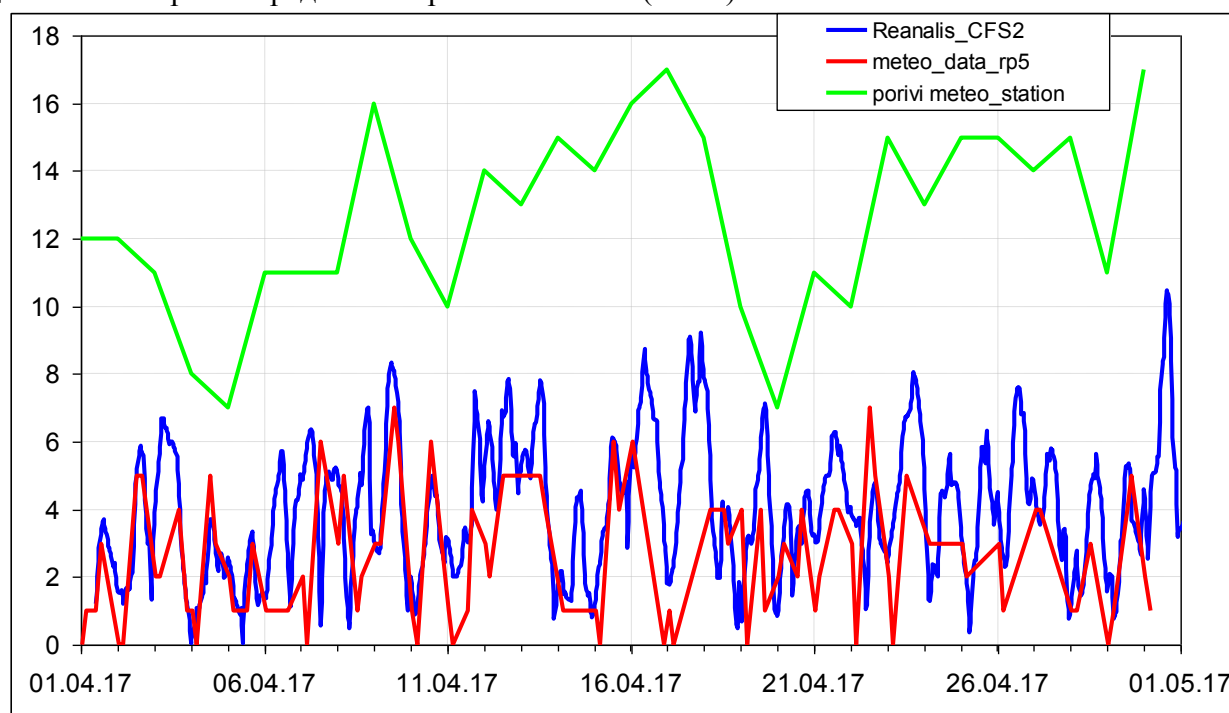


Рис.3. Сравнение скорости ветра (среднее значение и порывов) измеренного на метеостанции Находка МГ-2 и ветра реанализа NCEP-CFSv2 (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds094.1/>) за апрель 2017г.

Представленные на рис.3 результаты показывают, что пики расчетного ветра реанализа NCEP метеостанции Находки по датам соответствуют пикам измеренного осредненного ветра, при том, что при близких в основном значениях скорости ветра, в отдельные моменты времени рассчитанный ветер сильнее измеренного. При том, что скорости ветра по реанализу ниже скорости ветра в измеренных порывах ветра, что соответствует соотношениям осредненного ветра и максимальным значениям в порывах.

Расчеты волновых полей в заливе Находка в течение апреля проводились по полю ветра реанализа NCEP на трех вложенных расчетных сетках: на первой сетке для всего Японского моря моделью Wave Watch 3, на второй сетке для залива Петра Великого и затем на третьей сетке для залива Находка моделью SWAN. Пример рассчитанных моделью SWAN волновых полей в заливе Находка представлен на рис.4.

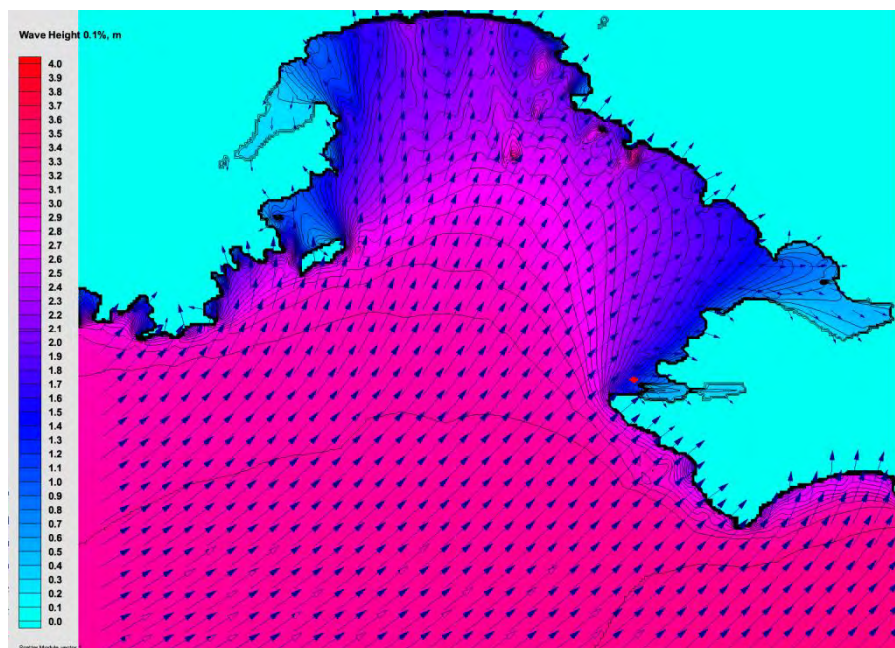


Рис.4. Поле рассчитанных высот волн 0.1% обеспеченности для залива Находка 30.04.2017

С максимальной высотой волн за сутки сопоставлялась рассчитанная высота волн 0.1% обеспеченности. Предшествующие сопоставления результатов расчетов по модели SWAN показали, что данные инструментальных наблюдений среднего периода волн наиболее соответствуют значениям так называемого пикового периода, рассчитываемого по модели.

Сопоставление пиковых периодов характеристик волн, рассчитанных по модели SWAN, сопоставленные с данными обработки измерений профилографа, показывает, что численная модель дает значения, близкие к измеренным (Рис.5).

Сравнение динамики измеренных максимальных за сутки высот волн с данными расчетов для точки расположения профилографа высот волн 0.1% обеспеченности (Рис.5) показало их хорошее соответствие. Этот вывод анализа графических материалов подтверждается результатами статистического анализа (Табл.1).

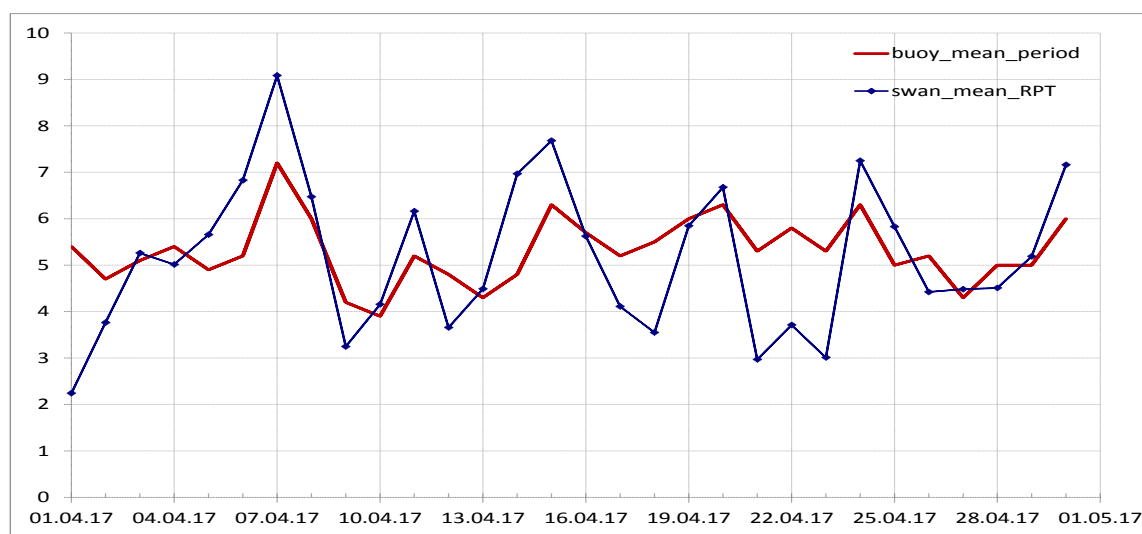


Рис.5. Сравнение средних за сутки периодов волн, измеренных волномером у входа в бухту Козьмино, и рассчитанных для этой точки моделью SWAN

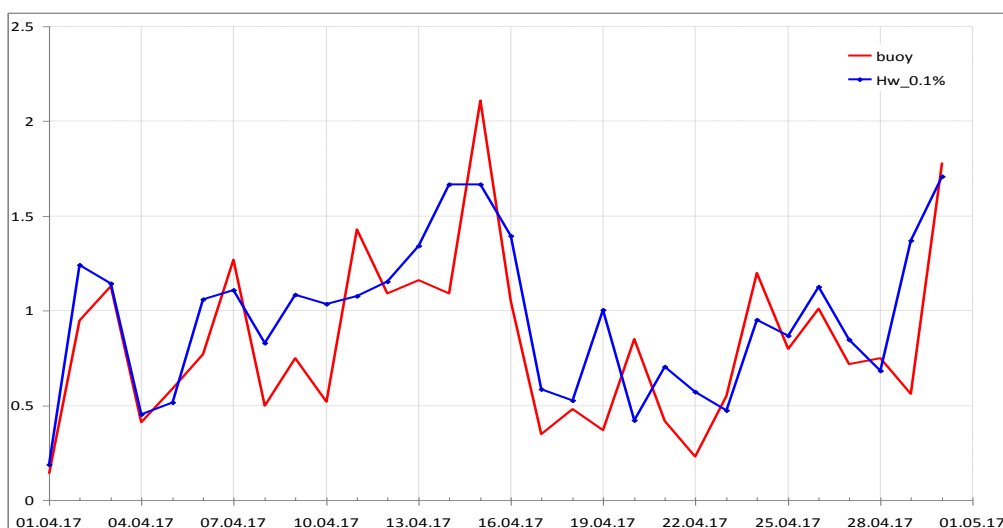


Рис.6. Сравнение максимальных за сутки высот волн, измеренных профилографом - красная линия, и рассчитанных моделью SWAN (голубая) высот волн 0.1% обеспеченности

Таблица 1. Результаты статистического анализа связи измеренных и рассчитанных значений максимальной высоты волн для волновых параметров

BIAS Биас (м)	RMSE Среднеквадратичное отклонение (м)	SI (индекс рассеивания)	Коэффициент корреляции
0.126	0.322	0.386	0.752

Рассчитанные статистические характеристики, общепринятые в мировой научной литературе для анализа соответствия данных моделирования данным измерений, показывают, что использованная методика позволяет получать, рассчитанные высоты максимальных за сутки волн находятся в хорошем соответствии с данными измерений.

Различные методы композитного моделирования используются в работах ГТУ МГСУ в области портовой гидротехники [5-7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Aelbrecht D. ARTEMIS 3.0: A finite element model for predicting wave agitation in coastal areas and harbours including dissipation. In: Transactions on the Built Environment vol 27 Computer Modelling of seas and Coastal Regions III, // 1997, J. R. Acinas and C. A. Brebbia (Eds), pp. 343-352
2. Berkhoff J.C. Computation of Combined Refraction-Diffraction // Proc. 13th Coastal Eng. Conf., Vancouver, ASCE. New York. 1. Chap 24. 1972. P. 471-490.
3. Berkhoff J.C. Mathematical Models for Simple Harmonic Linear Water Waves, Wave Diffraction and Refraction // Delft Hydraulic laboratory. 1976. Publ. N 163.
4. Hervouet, J.M.. TELEMAC, a hydroinformatic system. La Houille Blanche, (3-4) // 1999, 21-28 <http://www.opentelemac.org/>
5. Kantarji I.G Hybrid modeling of wave processes in the scientific justification of hydraulic solutions, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 905, 3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) 28-29 February 2020 // Grozny, Chechnya, 1-9
6. Ghinwa Hadla, Anshakov Alexander and Kantarzhi Izmail, Composite Modelling in Port Engineering // FORM-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 869 (2020), v.7, 1-9
7. Kantarzhi, I.G., Mordvintsev, K.P. & Gogin, A.G. Numerical Analysis of the Protection of a Harbor Against Waves // Power Technology and Engineering, Vol. 53, No. 4, November 2019, pp. 410-417

РЕМОНТ НЕФТЕНАЛИВНОГО ПРИЧАЛА ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ

Е.А. Корчагин¹, С.С. Котицына²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*expert.korchagin@mail.ru*

²*hamilennon@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы ремонта несущих элементов нефтеналивного причала для крупнотоннажных судов, выполненного на металлических сваях импортной поставки после 40 лет эксплуатации. В статье приводятся результаты обследования коррозионного износа конструктивных элементов причала. Выполнены расчёты остаточного ресурса элементов причала. Составлен прогноз коррозионного износа до 2037г. Намечены пути и способы ремонта конструктивных элементов причала.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования проведены на примере нефтеналивного причала порта Новороссийск, введённого в эксплуатацию в 1978 году на естественных глубинах 25 м и предназначенного для обработки танкеров дедвейтом до 250 тыс. тонн. Учитывая неблагоприятную волновую обстановку в Цемесской бухте, по предложению д.т.н. Кузнецова А.И. причал был ориентирован по лучу главного волнения южных направлений (рис 1). Район характеризуется дефицитом перегрузочных мощностей для крупнотоннажных наливных судов. В связи с этим задача восстановления эксплуатационной надёжности и продления срока службы сооружения является актуальной.



Рис. 1. Общий вид нефтеналивного причала

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях водолазными специалистами с полным оснащением применялся метод толщинометрии каждой сваи всех конструктивных элементов сооружения. Точка снятия отсчёта выбиралась в зоне смачивания. Согласно приложению Ц ГОСТ Р 54523-2011 [2], при поражении металла коррозией состояние сваи признается работоспособным в том случае, когда остаточная толщина металлической стенки составляет не менее 90% от проектной. Остаточная толщина, при которой состояние несущей сваи достигнет предельного, определялась расчетом несущей способности сооружения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Причал №1 нефтегазавани имеет традиционное компоновочное решение нефтепирса (рис. 1), основными его конструктивными элементами являются: технологическая площадка на металлических сваях 1422x34мм со стендерами, швартовные и отбойные палы на металлических сваях 1422x22 и 1219x19мм, соединительная эстакада (рис.2) [1].

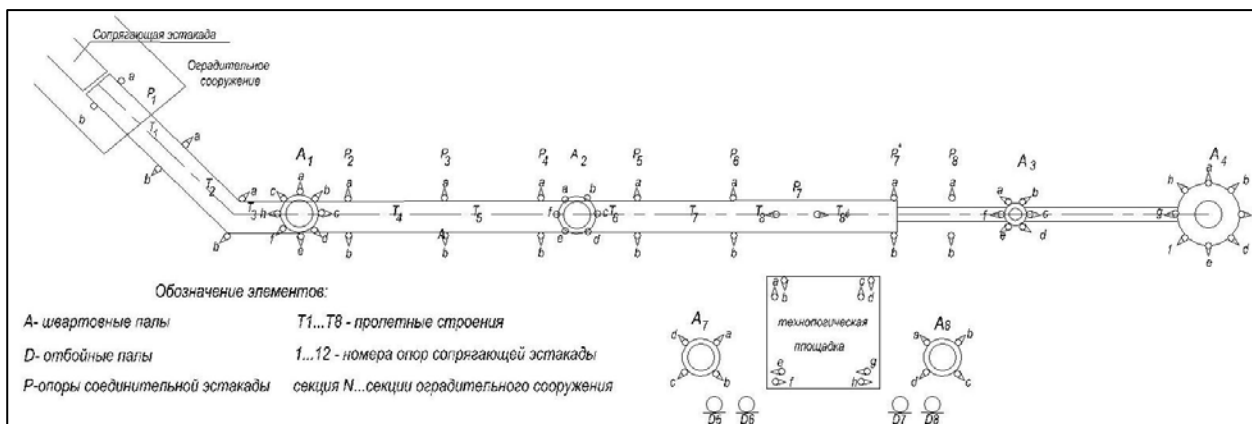


Рис. 2. Обозначение элементов причала

В ходе обследований сооружения с целью определения его технического состояния было установлено, что в большей степени коррозией повреждены элементы технологической площадки в местах стыковки и сваи швартовных палов в зоне переменного уровня воды. Отмечен коррозионный износ до 40% толщины элементов крепления стендеров.

В коробчатых балках южного и западного пролетов обнаружено очаговое уменьшение толщины нижнего листа до 20%. Отдельные палубные элементы имеют сквозную коррозию. Нижняя поверхность ростверков имеет коррозионный износ до 70 -75% площади.

Повреждения свай швартовных и отбойных палов в подводной зоне практически отсутствуют, что свидетельствует об эффективной работе защиты элементов.

Поскольку остаточная толщина практически всех несущих свай в большей части элементов конструкции сооружения составила менее 90% от проектной толщины, был произведён расчёт коэффициентов сохранности групп однородных элементов с целью определения степени влияния коррозии металла в зоне переменного уровня воды на состояние свайного основания и назначения мероприятий по обеспечению их работоспособности.

Коэффициент сохранности однородных элементов определяли по формуле [2]:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m}, \quad (1)$$

где a_i – частное значение коэффициента сохранности элемента;

$j=1, 2, 3, \dots, m$ – номер элемента i -й группы однородных элементов;

m – количество элементов в i -й группе однородных элементов.

Коэффициенты сохранности однородных элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Данные толщиномерии за 2019 г. и коэффициенты сохранности элементов

№ п/п	Элемент, индекс	Внешний диаметр, толщина стенки по проекту, мм	Результаты измерения – 2019г,мм	Частное значение коэффициента сохранности элемента, a_j	Значение коэффициента сохранности группы однородных элементов, a_i
1	2	3	4	5	5
1	Сваи технологической площадки (8 элементов)	1422x34	16,5 – 20,11	0,49 – 0,59	0,56
2	Швартовый пал А1-8элементов	1219x22	14,2 – 19,9	0,65 – 0,90	0,82
3	Швартовый пал А2- 6 элементов	1219x25	16,3 – 21,6	0,65 – 0,86	0,79
4	Швартовый пал А3 – 6 элементов	1219x19	15,94 – 17,68	0,84 – 0,93	0,87
5	Швартовый головной пал А4-8элементов	1422x22	15,74 – 19,28	0,72 – 0,88	0,81
6	Швартовый пал А7-4элемента	1219x19	8,8 – 18,22	0,46 – 0,96	0,77
7	Швартовый пал А8-4 элемента	1219x19	15,82 – 16,98	0,83 – 0,89	0,86

По данным табл. 1 [2], следует вывод, что свайное основание технологической площадки, имеющее показатель физического износа около 0,44 (44%), имеет значительные дефекты и нуждается в комплексном капитальном ремонте. Согласно ГОСТ Р 54523-2011, технологическая площадка требует восстановления конструктивных элементов.

План свайного поля с указанием свай, наиболее пораженных коррозией, а также остаточной толщины показан на рис.3

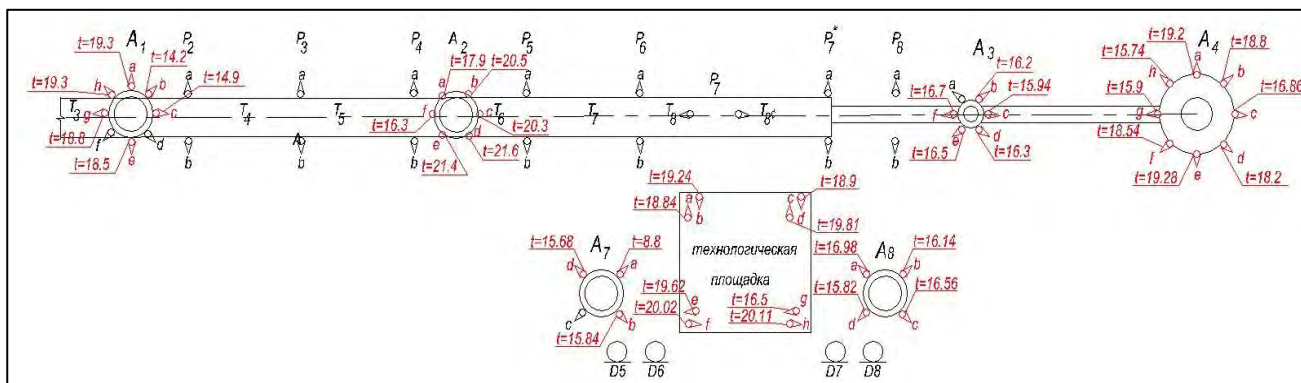


Рис.3. Остаточная толщина элементов, наиболее подверженных коррозии

Значение коэффициента сохранности среди групп однородных элементов швартовых палов А1÷А8 варьируется от $a_i=0,77$ до $a_i=0,87$, следовательно, некоторые из них требуют капитального ремонта. Для назначения мер по восстановлению работоспособности швартовых палов выполнена оценка долговечности опор.

Для решения поставленной задачи были произведены вычисления усилий и напряжений в сечениях свай, наиболее подверженных коррозии, определение предельного износа металла (остаточной толщины стенки), при котором исчерпывается несущая способность сваи по прочности, выбор функциональных зависимостей, описывающих процесс износа металла

стенок свай (экстраполяция результатов натуральных обследований), определение момента времени, когда коррозия металла достигает предельного значения.

Таблица 2. Коррозионный износ свай швартовых палов за период с 2002 г. по 2019 г.

Пал с исходной толщиной стенки сваи	Дата измерения толщины стенок свай (мм) по годам				
	2002	2004	2011	2013	2019
Швартовый пал А1, 22мм	20,10	18,50	17,50	17,05	14,20
Швартовый пал А2, 25мм	23,90	22,15	19,10	19,40	16,30
Швартовый пал А3, 19мм	17,70	16,00	13,10	16,67	15,94
Швартовый головной пал А4, 19мм	19,00	18,00	16,20	17,67	15,74

Для прогнозирования развития коррозионных повреждений элементов свайного основания швартовых палов был использован аппарат регрессионного анализа.

Функции (с наименьшими отклонениями), выбранные для дальнейшего анализа, имеют следующий вид:

- для пала А1:

$$t = -0,0098611 \cdot (T - T_0) \cdot 3 + 0,1969444 \cdot (T - T_0) \cdot 2 - 0,7433333 \cdot (T - T_0) + 20,1, \quad (2)$$

где T_0 - год начала отсчета;

T - момент времени, для которого рассчитывается толщина стенки стальной сваи.

- для пала А2:

$$t = -0,0096528 \cdot (T - T_0) \cdot 3 + 0,1494444 \cdot (T - T_0) \cdot 2 - 0,6491667 \cdot (T - T_0) + 23,9; \quad (3)$$

- для пала А3:

$$t = -0,0077778 \cdot (T - T_0) \cdot 3 + 0,1094444 \cdot (T - T_0) \cdot 2 - 0,4266667 \cdot (T - T_0) + 17,70; \quad (4)$$

- для пала А4:

$$t = -0,0029167 \cdot (T - T_0) \cdot 3 + 0,0441667 \cdot (T - T_0) \cdot 2 - 0,41 \cdot (T - T_0) + 19,00 \quad (5)$$

Полученные результаты прогноза приведены в таблице 3 и на рисунках 5-8.

Таблица 3. Прогноз развития коррозионного износа свай швартовых палов с 2002 г. по 2037 г.

Начало отсчета, T_0	T , год	Толщина стенок свай, t, мм			
		А1	А2	А3	А4
2002	2002	20,10	23,90	17,70	19,00
	2004	18,50	22,15	16,00	18,00
	2011	17,50	19,10	13,10	16,20
	2013	17,05	19,40	16,67	17,67
	2020	14,92	16,35	13,90	13,77
	2023	12,98	15,10	12,85	12,06
	2026	11,48	13,92	11,85	11,07
	2030	10,05	12,16	10,93	9,75
	2035	8,25	10,07	9,77	8,10
	2037	7,53	9,23	9,31	7,44

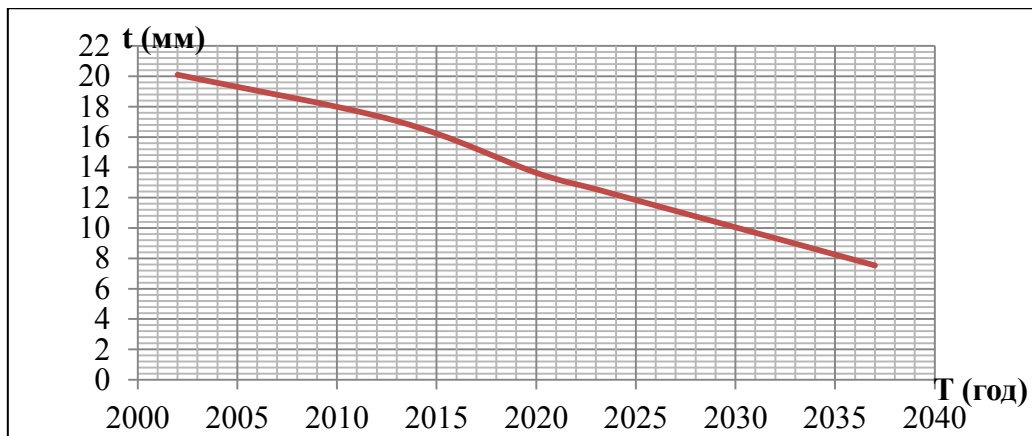


Рис.4. Износ стенок свай пала А1 от коррозии металла

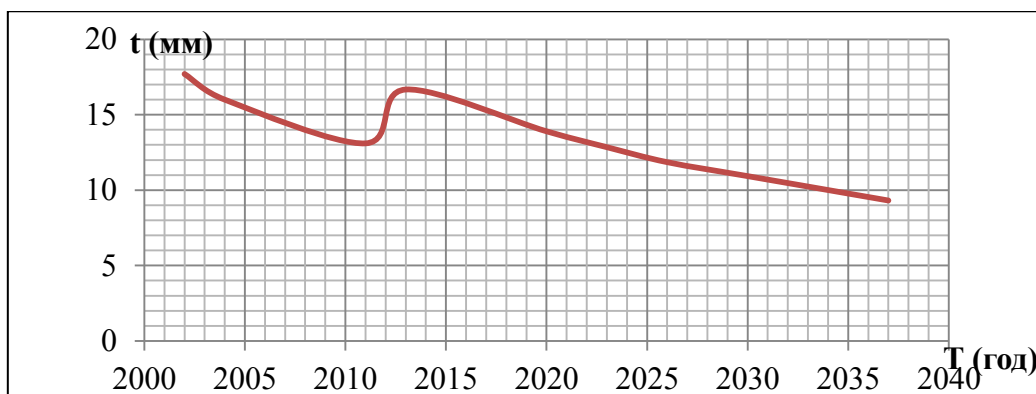


Рис.5 Износ стенок свай пала А3 от коррозии металла

Из рисунков 4,5 и табл.3 видно, что между 2011-м и 2013-м годами был произведен ремонт палов А2-А4, что увеличило срок их службы. Из графиков и табл.3 следует, что несущая способность будет утрачена (остаточная толщина стенки сваи менее 60%) швартовными палами А1, А2 и А4 через 3 года, а палом А3 – через 6 лет.

С учетом природных факторов порта Новороссийск для строительства и ремонта сооружения целесообразно использовать самоподъемную платформу. Ремонт швартовых палов в зоне переменного уровня воды может быть произведён с применением гермокамеры (рис.6).

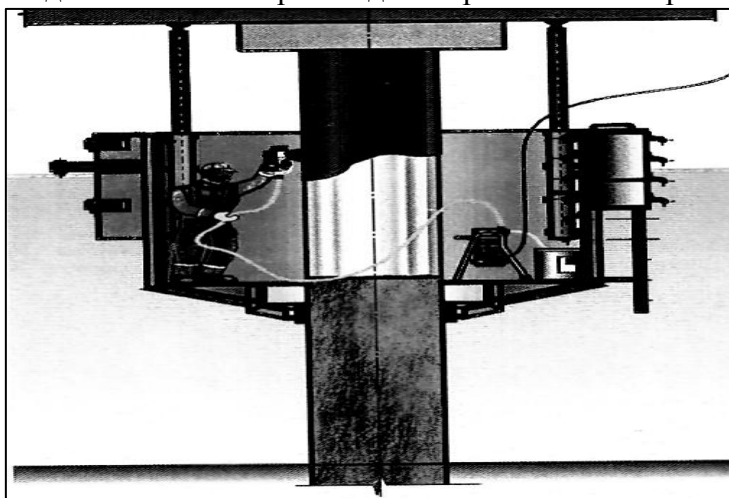


Рис.6. Схема ремонта свай швартовых палов

ВЫВОДЫ

1. Для безаварийного функционирования нефтеналивного причала Новороссийского порта необходимо обеспечить защиту от коррозии металлических свай палов и производить регулярный своевременный ремонт свай.
2. Для сохранения несущей способности элементов сооружения на уровне проектных требований не следует допускать распространения очагов поверхностной коррозии на площади элемента свыше 25 – 30%.
3. Ремонтное покрытие должно наноситься на всю поверхность элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет СоюзморНИИПроекта « Разработка заключения о возможности эксплуатации причала №1 нефтерайона «Шехарис» с учетом коррозионного износа металлоконструкций и их остаточного ресурса» М, 2004г., Арх.№43815.
2. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2012-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное – Москва : Стандартинформ, 2012. – 211 с.
3. Порты и портовые сооружения: учеб. для вузов / Пб0 Г.Н. Смирнов, Б.Ф. Горюнов, Е.В. Курлович, С.Н. Левачёв, А.Г. Сидорова, Е.А. Корчагин; под ред. Г.Н. Смирнова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1993.
4. Производство гидротехнических работ. Учебник П80 для вузов/А.И. Чураков, Б.А. Волнин, П.Д. Степанов, В.Я. Шайтанов; Под общей редакцией А.И. Чуракова. – М. Стройиздат, 1985.
5. Васильев А.И. Вероятностная оценка остаточного ресурса физического срока службы железобетонных мостов. «Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов». Сборник ЦНИИС, вып. 208, М. 2002.
6. Морские и речные гидротехнические сооружения. Удовиченко В.Н. Яковлев П.И. Москва, 1976.
7. Чёрное море//Ежегодник состояния морей России по гидрохимическим показателям. 2018 год./ ред. А.Н. Коршенко— М.: «Наука», 2019 – 190 с.

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПОТОКОВ

Г.В. Орехов¹, Р.В. Лукичев², М.К. Складнев³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский Государственный строительный университет», 126337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26,

¹*OrehovGV@mgsu.ru*

²*lukichev.r1@gmail.com*

³*m.kons20@mail.ru*

Аннотация

Проектируя высоконапорные водосбросные сооружения большое внимание уделяется наличию избыточной энергии потока, которая поступает в нижний бьеф, что требует специальных мер для её гашения. В настоящее время, в практике гидротехнического строительства получили распространение сооружения, использующие закрученные потоки. Для исследования параметров циркуляционных течений проводится физическое моделирование на специальных экспериментальных стендах. Целью создания такой установки является изучение с помощью измерительных комплексов сложных течений. Данный вид течений формирует ряд эффектов, позволяющих радикально решать вопросы гашения энергии высокоскоростных потоков. В статье дано описание экспериментального стенда для модельных исследований циркуляционных течений. Приведены основные характеристики установки, принцип действия регистрирующей аппаратуры и ее основные характеристики. Установка создана в лаборатории аэродинамических и аэроакустических испытаний строительных конструкций (УНПЛ ААИСК).

ВВЕДЕНИЕ

Закрученные потоки в связи с перспективными возможностями их разнообразного применения играют значительную роль в развитии современной гидродинамики. Сложность в изучении данных течений побуждает нас использовать современные методы исследования. Все более широкое распространение получают методы бесконтактного измерения, позволяющие собирать информацию о потоке, не влияя на сложные гидродинамические процесс в закрученном течении.

Экономичное конструирование масштабных гидротехнических устройств может быть в значительной мере усовершенствовано при помощи математического и физического моделирования. Развитие и совершенствование этих методов позволяет значительно снизить затраты времени и средств на создание новых гидротехнических устройств [1, 2].

Закрученные течения образуются в результате придания потоку спирального движения при помощи закручивающих лопаток.

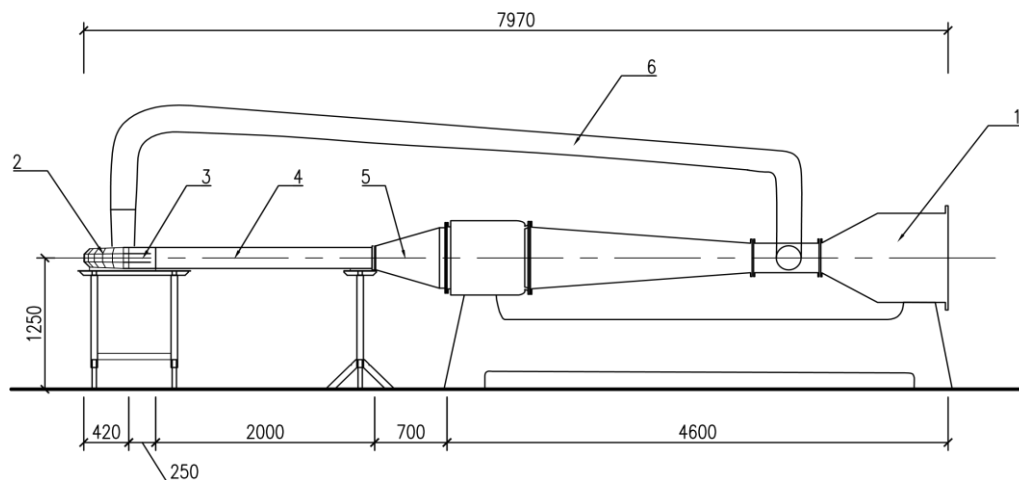
На данном этапе изучения вихревых течений стало ясно, что ключевую роль на пути к пониманию этих потоков играет изучение трехмерных вихревых структур винтовой формы. Множество исследований до сих пор ограничиваются измерением лишь осредненных характеристик вихревого течения, используя которые невозможно, в полной мере, получить представление о пространственной структуре реального потока.

Сегодня уже становится понятно, что, не уделив должное внимание исследованию трехмерной структуры закрученного потока, невозможно оценить эффективность новых конструкторских решений, кроме того нельзя определить, достигнута ли максимальная эффективность в существующих технических решениях [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

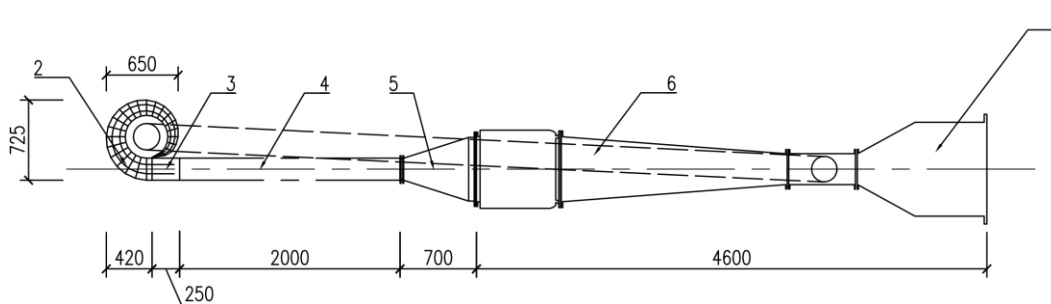
Для проведения эксперимента по исследованию трехмерной структуры потока в учебно-научно-производственной лаборатории аэродинамических и аэроакустических испытаний

строительных конструкций (УНПЛ ААИСК) был создан экспериментальный стенд (Рис. 1-2). Для создания этой установки нам потребовалось изготовить модель спиральной камеры гидротурбины в масштабе М 1:30 из оргстекла с каркасом из фанеры (Рис. 3-4), переходный участок с восьмиугольного сечения на круглое из папье маше и переходной конус из жести.



1 – малая аэродинамическая труба; 2 – модель спиральной камеры; 3 – переходной участок; 4 – труба из оргстекла; 5 – переходной конус; 6 – гибкий воздуховод $\varnothing = 300\text{мм}$

Рис. 1. Вид экспериментального стенда сбоку



1 – малая аэродинамическая труба; 2 – модель спиральной камеры; 3 – переходной участок; 4 – труба из оргстекла; 5 – переходной конус; 6 – гибкий воздуховод $\varnothing = 300\text{мм}$.

Рис. 2. Экспериментальный стенд в плане



Рис. 3. Модель спиральной камеры вид сверху

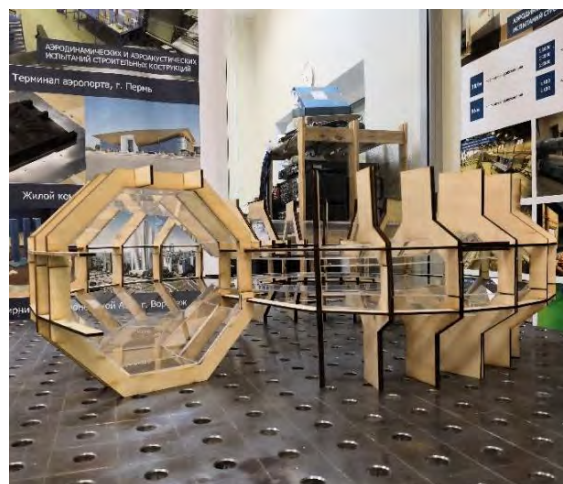


Рис. 4. Модель спиральной камеры вид сбоку

Воздушный поток будет генерироваться аэродинамической трубой AEROLAB (Рис. 5). Данное устройство позволяет регулировать скорость потока и его давление. Скорость

формируемого потока в модельной зоне составляет от 0 до 60 м/с. Уровень турбулентности обычно не превышает 0,25% (в зависимости от лабораторных условий) [4].

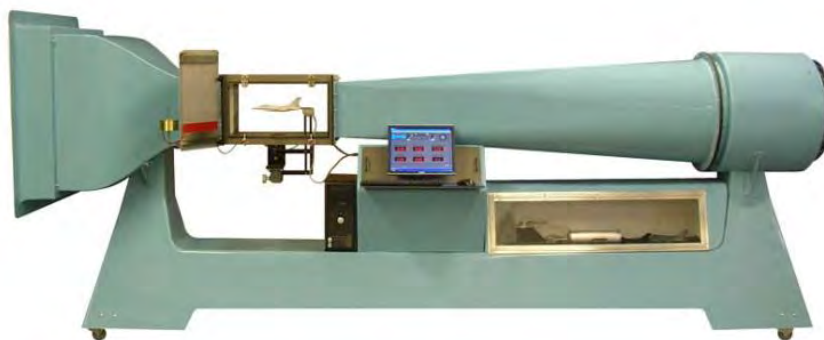


Рис. 5. Аэродинамической трубой AEROLAB

В целях обеспечения безопасности и недопущения попадания трассерных частиц в окружающую среду стенд будет иметь замкнутую систему. Для этого будет применяться гибкий воздуховод (см. Рис. 1-2).

В качестве измерительной аппаратуры будет использоваться PIV система, состоящая из 2 камер Imager HS (Рис. 6) и лазера NL 200-15. Разрешение камеры составляет 2016 на 2016 пикселей, с частотой съемки до 1,3 кГц. При этом сам пиксель имеет размеры 11 x 11 мкм. Минимальный временной интервал между кадрами равен 3,15 мкс [5]. Среди главных характеристик лазера можно отметить: частоту повторения импульсов 0-15 Гц, диаметр лазерного луча равный 6,5 мм, а также длительность светового импульса от 6 до 9 нс.



Рис. 6. Камеры Imager HS

В роли частиц индикаторов для съемки будет использоваться синтетическое масло, распыленное с помощью специального устройства – генератора тумана. Данное устройство при помощи специальных насадок распыляет жидкость на частицы, размеры которых приблизительно равны 1000 нм. В сочетании с системами LaVision оно предназначено для измерения скорости воздушного потока при давлении до 20 бар.

Механическая система (Рис. 7) перемещает камеры и лазер по двум осям X и Z. Электрические приводы позволяют регулировать скорость перемещения от 0 до 18 см/мин. при точности 0,1 мм. Перемещение по оси X составляет 2,6 м по Z – 1,0 м. Каждый подвижный элемент данной системы оснащен датчиками местоположения.

Для закрутки потока будет использована модель локального лопаточного завихрителя осевого типа (Рис. 8). Для первой серии опытов, в результате которых производится наладка аппаратуры, методики измерения характеристик потока, завихритель будет располагаться после переходного конуса. Модель спиральной камеры не будет участвовать в этих экспериментах. Во второй серии, он переместится на участок перед входом в модель.



Рис. 7. Механическая система перемещения



Рис. 8. Локального лопаточного завихрителя осевого типа

Для измерения характеристик потока мы применим Stereo PIV. В данном методе в отличие от 2D PIV добавляется вторая камера для получения объемного изображения. Запись производится с помощью двух камер, которые расположены под углом к измеряемой области (Рис. 9, слева). Минус данного расположения камер заключается в том, что изображение измерительной плоскости потока получается искаженным. В связи с этим изменяется масштабный коэффициент. Для нахождения зависимости масштабного коэффициента в разных точках расчетной области камеры калибруют.

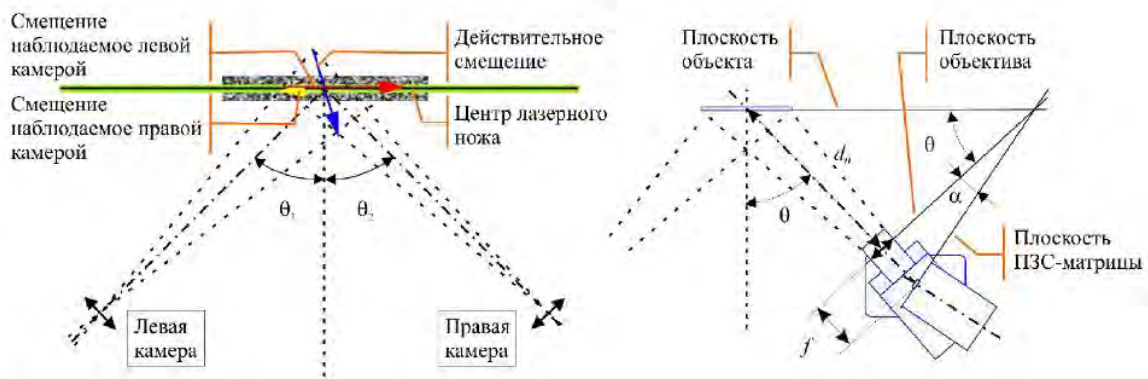


Рис. 9. Схема метода измерения (слева), оптическая конфигурация в условиях Шаймпфлюга (справа)

Существует две основные конфигурации для стереоскопических измерений методом PIV: трансляционная (Рис. 10 (а)) и угловая (Рис. 10 (б)).

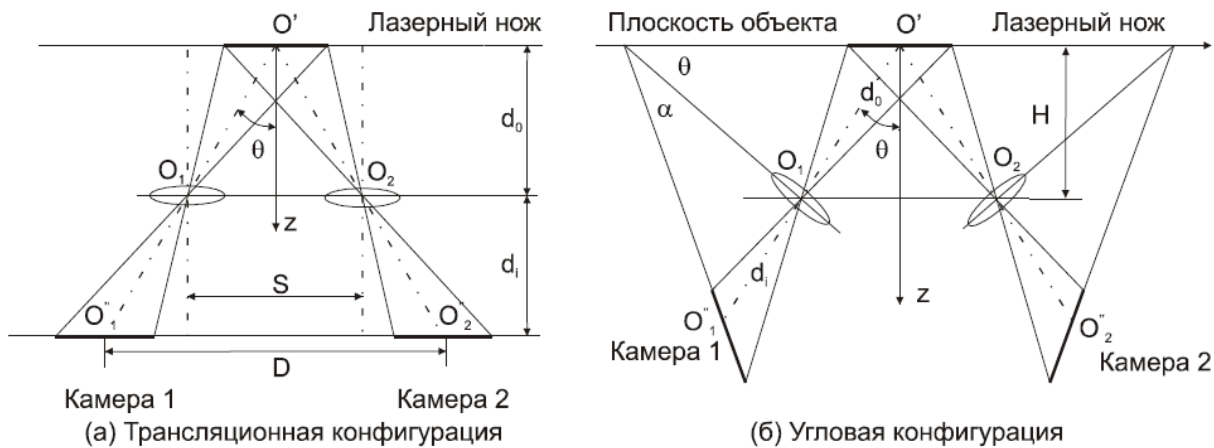


Рис. 10. Конфигурации стереоскопических измерений

Недостатком трансляционного метода является узкий диапазон стереоскопических углов. Угол наблюдения не может быть больше 30 градусов. В противном случае появляются перспективные искажения. У углового конфигурационного метода диапазон стереоскопических углов более широкий (до 45-60 градусов между оптической осью камеры и нормалью к плоскости измерения). Следовательно, второй метод позволяет достичь более высокой точности измерения нормальной компоненты скорости. Для калибровки камер используется калибровочная мишень. Она представляет собой набор маркеров, расположенных в узлах прямоугольной координатной сетки (Рис. 11) [6-8].

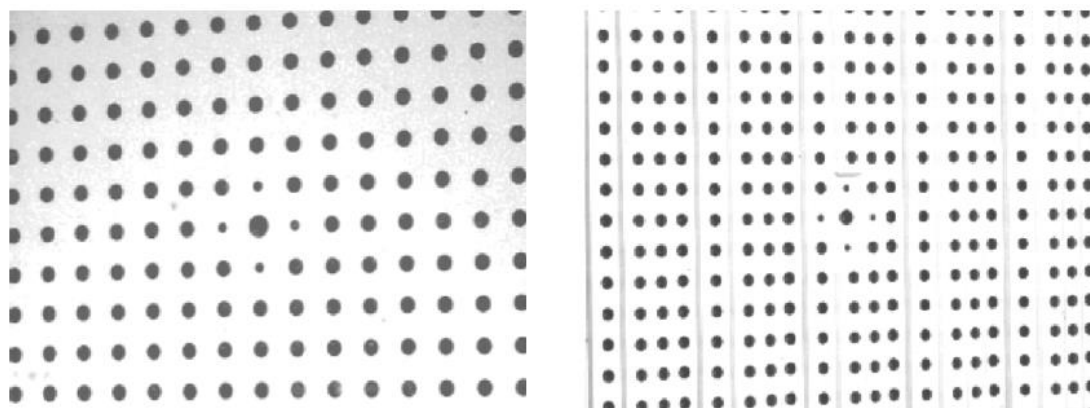


Рис. 11. Пример изображения плоской калибровочной мишени (слева) и 3-х уровневой калибровочной мишени (справа)

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы был создан экспериментальный стенд, позволяющий получать характеристики потока в спиральной камере гидротурбины без непосредственного вмешательства в его структуру. На созданной установке (стенде) возможно изучение как классического течения в спиральной камере, так и изучение закрученного потока с помощью модели локального лопаточного завихрителя осевого типа. Установка позволит получить новые сведения о закрученном потоке в спиральной камере, что безусловно является еще одним шагом вперед в области разработки и конструирования подобного рода гидроустройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adrian R.J., 1990. Particle Imaging Techniques for Experimental fluid Mechanics // Annual Review of Fluid Mechanics. 1991. – Vol. 23. – P. 261 - 304.
2. Алексеенко С.В., Окулов В.Л., 1996. Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) // Теплофизика и аэромеханика, 1996. – Том 3, № 2. – С. 101-132.
3. Куйбин П.А., 2003. Вихревая структура закрученных потоков, отрывных течений и следов // Новосибирск, 2003. – С. 165
4. Open circuit wind tunnels. URL: <https://www.aerolab.com/products/educational-wind-tunnel-ewt/>
5. Cameras for PIV. URL: <https://www.lavision.de/en/products/cameras/cameras-for-piv/index.php>
6. Ахметбеков Е.К., Бильский А.В., Ложкин Ю.А., Маркович Д.М., Токарев М.П., Тюрюшкин А.Н., 2006. Система управления экспериментом и обработки данных, полученных методами цифровой трассерной визуализации (ActualFlow). Вычислительные методы и программирование, том 7, С. 79-85.
7. Токарев М.П., Маркович Д.М., Бильский А.В., 2007. Адаптивные алгоритмы обработки изображений частиц для расчета мгновенных полей скорости. Вычислительные технологии, том 12, №3, С. 109-131.
8. Маркович Д.М., Токарев М.П., 2008. Алгоритмы реконструкции трехкомпонентного поля скорости в методе Stereo PIV. Вычислительные методы и программирование, Т.9. С. 311-326.

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕННО-ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ КОЛЫМСКОЙ ГЭС

М.П. Саинов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, SainovMP@mgsu.ru

Аннотация

Состояние высотной каменно-земляной Колымской плотины характеризуется повышенными деформациями, которые нарастают в течении длительного периода эксплуатации. Высокая величина и непрекращающийся рост эксплуатационных осадок и смещений требуют объяснения, т.к. они могут свидетельствовать о недостаточном уровне надёжности плотины. Автором были проанализированы данных натурных измерений перемещений плотины, а также выполнено численное моделирование её напряжённно-деформированного состояния (НДС). На основе натурных данных автор делает вывод, что высокие перемещения не могут быть вызваны только явлением ползучести грунтов и что они вызваны просадками грунтов. Просадки каменной наброски, по-видимому, связаны с изменением температурного режима, а просадки глинистого грунта – с образованием зон нарушений сплошности в ядре. Очевидно, что процессы замораживания и оттаивания грунтов в строительный и эксплуатационный периоды имели определяющее влияние на формирование НДС плотины.

ВВЕДЕНИЕ

Каменно-земляная плотина Колымской ГЭС является самой высокой грунтовой плотинной в России. Её максимальная строительная высота составляет 130 м, а длина по гребню – 860 м [1-4]. Отметка гребня составляет 458,5 м.

Особенностью Колымской плотины является то, что она построена в суровых климатических условиях – в Магаданской области. Годовая амплитуда колебаний температуры воздуха в данном районе достигает 98°C, а зимой температура может опускаться до –62°C.

Из-за суровых климатических условий глинистое ядро плотины выполнено узким. Толща ядра поверху составляет 6 м, а понизу 51 м. От упорных призм, выполненных из каменной наброски горной массы, ядро отделяют переходные зоны из песчано-гравийных грунтов.

Характерной особенностью Колымской плотины являются значительные деформации, произошедшие в эксплуатационный период. Плотина была построена в 1988 году, но её деформации продолжают уже несколько десятилетий. К 2015 году осадки гребня плотины превысили 2 м [2]. В связи с этим значительно уменьшилось превышение гребня над НПУ. По этой причине в 2014–2016 гг. были выполнены работы по восстановлению проектной формы гребня и верхового откоса плотины.

Однако высокие деформации плотины эксплуатационного периода могут свидетельствовать о неблагоприятном напряжённно-деформированном состоянии (НДС) плотины. Осадки гребня плотины эксплуатационного периода превышают 1,5% от высоты плотины, что является очень высоким значением. Распределение осадок вдоль гребня имеет неравномерный характер. Одно из сечений широкой русловой части плотины, сечение по ПК 4+50, без видимых причин имеет повышенные осадки, которые примерно на 0,5 м больше, чем в других сечениях.

По результатам геофизических исследований в ядре плотины имеются зоны пониженной плотности грунта [5]. Это может свидетельствовать о нарушении целостности ядра и образовании сквозных фильтрационных ходов. Они могли вызвать просадки тела плотины.

С целью проверки данной гипотезы автором был проведён анализ данных натурных измерений перемещений тела плотины и поверочные расчёты НДС. Ранее подобные исследования были выполнены во ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева [1,3], однако они охватывали меньший интервал времени наблюдений и проводились по несколько другой методике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа автором использовались результаты измерений осадок и горизонтальных смещений плотины в эксплуатационный период. Измерения осадок проводились с 1988 года, а смещений – с 1999 по 2011 гг. [1,3].

Однако результаты натурных измерений не позволяют в полной мере провести анализ и оценить состояние плотины, поэтому было выполнено численное моделирование НДС плотины. Для калибровки модели были использованы данные натурных измерений за перемещениями плотины.

Расчёты НДС проводились в плоской постановке, для поперечного сечения плотины по ПК 4+50. При расчёте учитывались на нагрузки от собственного веса плотины и гидростатического давления воды на верховую грань ядра.

Расчёты проводились методом конечных элементов, с помощью вычислительной программы Nds_N, составленной автором [6,7]. Составленная конечно-элементная модель плотины включает в себя 922 конечных элемента сплошной среды. Использовались конечные элементы с квадратичной степенью аппроксимации перемещений. Общее количество степеней свободы модели составило 5352.

В соответствии с СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов расчёт НДС плотины производился с учётом последовательности её возведения, а также наполнения водохранилища. Схема поэтапности предусматривала рассмотрение 67 расчётных этапов, из которых 34 моделируют процесс возведения плотины, в 31 – процесс эксплуатации сооружения.

Для описания процесса деформирования грунтов использовалась нелинейная модель, которая учитывает основные нелинейные эффекты: наличие двух ветвей нагружения (активное нагружение и разгрузка), снижение деформируемости грунта по мере увеличения обжатия, снижение сопротивляемости сдвига по мере нагружения, а также ползучесть.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ результатов натурных измерений показывает, что за время эксплуатации плотина приобрела значительные осадки (рис.1) и смещения (рис.2).

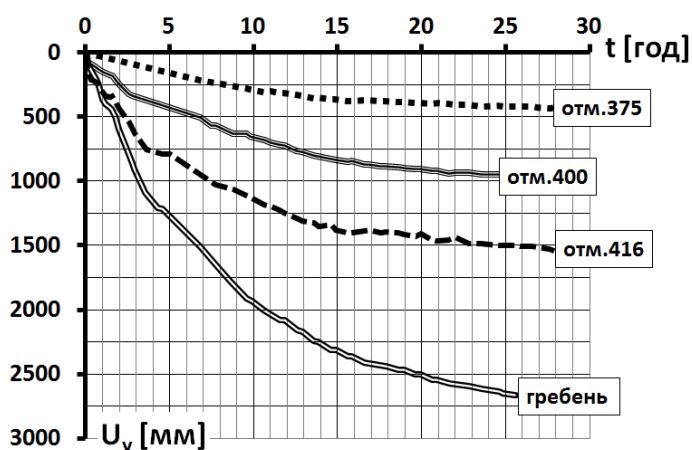


Рис. 1. Изменение осадок плотины по данным натурных измерений

Уже к 1995 г. осадка гребня достигла 1,5 м, а в 2008 г. – 2,5 м (рис.1). К настоящему времени эксплуатационная осадка по оси плотины превысила 2% от её высоты. Если по значению осадки гребня подсчитать приближённое значение модуля линейной деформации E грунта плотины, то он окажется равным примерно 60 МПа. Полученная величина модуля является нормальной для грунта ядра, но довольно невысока для каменной наброски, но для Однако,

необходимо учитывать, что с учётом осадок строительного периода величина E должна быть совсем небольшой.

Эксплуатационные осадки низовой призмы немногим меньше по величине, чем осадки гребня. Осадка бермы на $\nabla 415$ м к настоящему времени превысила 1,5 м, что составляет 1,7% от высоты каменной наброски под бермой. Таким образом, все грунты тела плотины имеют повышенную деформируемость.

Горизонтальные смещения плотины за период эксплуатации также велики. За 12 лет (с 1999 по 2011 гг.) смещения гребня сечения плотины по ПК 4+50 достигли 0,5 м (рис. 2). Если экстраполировать рост смещений на период с 1988 по 1999 гг., когда измерения не велись, то получится, что максимальное горизонтальное смещение составляет примерно 1,5 м, что сопоставимо по величине с осадками.

Необходимо отметить, что смещения плотины в сечении по ПК 4+50 примерно на четверть больше, чем в других поперечных сечениях. Это обосновывает предположение о неблагоприятном НДС плотины в данном сечении.

Анализ характера изменения горизонтальных смещений поверхностных марок позволил выявить следующие особенности поведения плотины:

большая часть низовой призмы смещается в сторону нижнего бьефа почти как единое целое – смещения берм сопоставимы по величине со смещениями гребня (рис. 2);

за период с 1999 по 2011 гг. приращения смещений примерно соответствуют по величине приросту осадок, и составляют 0,5 м.

По мнению автора такой характер нарастания смещений и осадок в процессе эксплуатации не может быть объяснен только проявлением ползучести грунтов. Обычно деформации грунтовых плотин в эксплуатационный период в 3-5 раз меньше, чем в строительный период. Поэтому для того, чтобы за счёт ползучести плотина приобрела столь большие по величине осадки, деформации грунтов в строительный период должны быть очень велики.

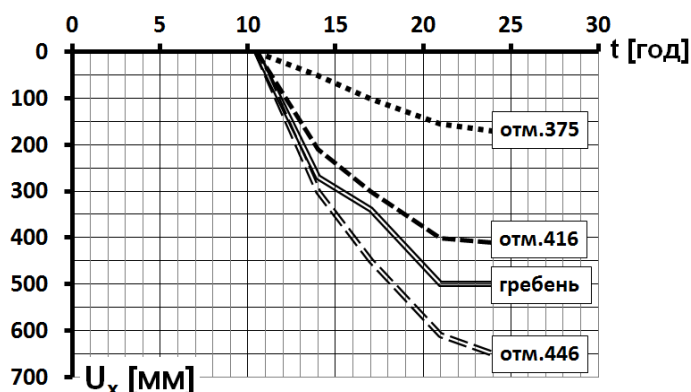


Рис. 2. Изменение смещений плотины по данным натурных измерений

Более реалистичной причиной высоких деформаций плотины представляется процесс перехода грунтов из мёрзлого состояния в талое, сопровождаемый просадками. Можно предположить, что в процессе строительства плотины грунты были заморожены и за счёт наличия в порах льда их деформируемость была значительно снижена. Затем, после наполнения водохранилища, грунт верховой упорной призмы перешёл в талое состояние и начался процесс постепенного оттаивания грунта в ядре и низовой упорной призме.

Наличие просадок может быть подтверждено следующими фактами. Во-первых, это скачкообразный характер нарастания осадок гребня на первом этапе периода эксплуатации. Во-вторых, это резкий рост фильтрационных напоров в ядре уже в первый год после наполнения водохранилища, который зафиксирован с помощью пьезометров. Все эти факты могут быть связаны с образованием в ядре зон нарушений и/или трещин.

Поэтому моделирование НДС плотины автором проводилось с учётом изменения деформируемости свойств грунтов и развития процессов просадок во времени.

Использованная методика моделирования просадок описана в [8] и заключается в воспроизведении потери грунтом части своих структурных связей.

При моделировании процесса строительства плотины (до первого наполнения водохранилища) принималось, что упорные призмы и переходные зоны, находящиеся в зоне отрицательных температур, имеют пониженную деформируемость. Для горной массы модуль линейной деформации E принимался равным 210 МПа, а коэффициент Пуассона $\nu=0,25$.

После этого моделировались снижение деформируемости каменной наброски, а также процесс просадок после первого наполнения водохранилища. Наибольшая интенсивность просадок задавалась в процессе наполнения (1998 г.) и первых двух лет после него. В этот период за счёт фильтрации происходило повышение температуры центральной части плотины.

Затем, в последующие годы, интенсивность просадок принималась существенно меньшей, а параметры модели деформируемости грунтов низовой призмы принимались неизменными. Это связано со стабилизацией температурного режима плотины, которая наблюдается в натуральных условиях [4].

Параметры модели грунтов и доля высвобождаемых в процессе просадок внутренних усилий подбирались из условия соответствия результатов расчёта перемещений данным натурных наблюдений. Относительное совпадение расчётных и натуральных перемещений было достигнуто при условии, что в процессе развития просадок грунты ядра и горной массы потеряли около 72% своих структурных связей. Можно утверждать, что процесс просадок практически завершился в 2007-2010 гг., а дальнейший рост осадок связан с развитием процессов ползучести грунтов.

По результатам расчётов за 32 года эксплуатации из-за просадок существенно выросли осадки плотины, особенно в центральной части плотины. Максимальная расчётная осадка плотины увеличилась с 1,2 м до 3,8 м. Значительно выросли и горизонтальные смещения плотины, особенно в её верхней части. Максимальное расчётное смещение плотины составило 3,8 м. Такие значения хоть и велики, но вполне реальны для высоких грунтовых плотин.

ВЫВОДЫ

Значительный рост осадок и смещений Колымской плотины, наблюдаемый в период эксплуатации, не может быть объяснен только ползучестью грунтов. По-видимому, одной из их причин являются просадки грунтов. Эти просадки могли быть вызваны несколькими причинами, но они во многом определяются процессами замораживания и оттаивания грунтов, которые протекали в строительный и эксплуатационный периоды.

Одной из причин просадок является изменение структуры грунтов в процессе таяния льда в порах грунтов. Несмотря на то, что в большей части низовой упорной призмы каменная наброска находится в зоне отрицательных температур, в летний период происходит её доуплотнение.

Характер нарастания осадок плотины после первого наполнения, а также быстрый рост фильтрационных напоров в ядре свидетельствует о развитии процессов нарушений целостности грунтов внутри противофильтрационного ядра плотины. По всей видимости, эти процессы интенсивно протекали в первые годы периода эксплуатации, а в настоящее время прекратились.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллендир Е.Н., Векшина Т.Ю., Прокопович В.С. Математическое моделирование деформаций плотины Колымской ГЭС в период строительства и эксплуатации // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 1999. Т. 235. С. 73–82

2. Панов С.И., Матрошилина Т.В., Воронин С.М. Особенности современного температурного состояния тела и основания плотины Колымской ГЭС // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2007. Т. 246. С. 38–47
3. Панов С.И., Воронин С.М. Деформационное поведение плотины и основания Колымской ГЭС в эксплуатационный период // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2007. Т. 247. С. 35-44
4. Кузнецов В.С., Матрошилина Т.В. Изменение температурного режима каменно-земляной плотины Колымской ГЭС в период её эксплуатации // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2018. Т. 287. С. 69–73
5. Рассказов Л.Н., Анискин Н.А., Саинов М.П. Анализ состояния грунтовой плотины Колымской ГЭС // Вестник МГСУ. 2009. №2. С.111–118
6. Саинов М.П. Вычислительная программа по расчету напряжённо-деформированного состояния грунтовых плотин: опыт создания, методики и алгоритмы // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 4. С.208–225
7. Саинов М.П. Авторская вычислительная программа для исследований напряжённо-деформированного состояния грунтовых плотин // Вестник Евразийской науки. 2020. №3. <https://esj.today/PDF/77SAVN320.pdf>
8. Саинов М.П. Методика моделирования нелинейного деформирования грунтов плотины // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып.2(75). С.20–36

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ НА СТАТИЧЕСКУЮ РАБОТУ БЕТОННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЛОТИН ПРИ РАСКРЫТИИ КОНТАКТНОГО ШВА

В.В. Толстиков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, TolstikovVV@mgsu.ru, victor_tolstikov@mail.ru

Аннотация

В статье приводятся методика и результаты расчетов МКЭ связанной задачи статики и фильтрации для бетонных гравитационных плотин с разным заложением низовой грани, расположенных на скальном основании различной жесткости. Расчеты выполнены в статико-фильтрационной постановке, с учетом изменения проницаемости основания за счет раскрытия трещин и контакта и моделирования пропускной способности глубинного дренажа. Для решения задачи о НДС системы бетонная плотина - скальное основание в статико-фильтрационной постановке используется программный комплекс «CRACK» (Трещина), разработанный на кафедре гидравлики и гидротехнического строительства МГСУ.

Для моделирования квазисплошной среды, блоков породы, тела плотины применяются четырехугольные конечные элементы с внеузловыми степенями свободы. Контактный шов моделируется специальными контактными элементами. Элементы обоих типов используются совместно в единой расчетной схеме.

Моделирование нелинейной работы элементов сплошной среды за пределами прочности материала на сжатие и растяжение осуществляется в рамках деформационной теории пластичности с помощью итерационной процедуры метода начальных напряжений (дополнительных нагрузок). Контактные элементы, моделирующие поведение трещин и швов, работают нелинейно при раскрытии под действием нормальных растягивающих напряжений, закрытии (смыкании трещин), превышающем предельно допустимое значение, а также, когда касательное напряжение в элементе превышает предельную величину, определяемую по теории прочности Кулона-Мора. Решение статической задачи используется для корректировки проницаемости при решении задачи фильтрации и определении фильтрационной нагрузки на сооружение.

Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о том, что игнорирование связи проницаемости и НДС скального основания при нарушении местной прочности основания и контактного шва может привести к уменьшению эпюры давления на подошву плотины и необоснованному увеличению несущей способности сооружения. При этом площадь эпюры давлений по подошве плотины непосредственно влияет на состояние контактного шва.

При сопоставлении с традиционными методами расчета решение задачи в данной постановке дает качественно новую информацию. Это позволяет более объективно оценить несущую способность и фильтрационный режим в скальных основаниях и реализовать в проектных разработках бетонных плотин инженерные идеи с надежным расчетным обоснованием.

ВВЕДЕНИЕ

По данным международной комиссии по большим плотинам (ICOLD – International Commission on Large Dams) бетонные гравитационные плотины являются самым надежным типом водоподпорных сооружений при большой их высоте, в сложных инженерно-геологических и климатических условиях. В современном плотиностроении наблюдаются следующие тенденции: рост числа гравитационных плотин из укатанного бетона с пониженным расходом цемента, увеличение их высоты.

При этом контакт плотины с основанием и примыкающая область основания являются наиболее вероятным местом возникновения предельного состояния. Опыт строительства и эксплуатации ряда, отечественных и зарубежных бетонных плотин показывает, что при допущении растягивающих напряжений под напорной гранью практически не удастся избежать появления области разуплотнения основания и контактной трещины и соответственно изменения фильтрационного режима и противодействия на подошву сооружения [11]. Это особенно характерно для высоких плотин на жестких скальных основаниях. Значительные контактные трещины отмечены на бетонных гравитационных плотинах Братской и Усть-Илимской ГЭС ряде других. С другой стороны, недопущение растягивающих напряжений в контактной зоне со стороны напорной грани плотин может препятствовать облегчению их профиля и необоснованным запасам несущей способности. В силу этого, важным является вопрос правильной оценки изменения характера работы бетонных плотин при раскрытиях контакта и образования зоны разуплотнения в основании, изменения фильтрационной нагрузки и влиянию этих факторов на несущую способность системы плотина основание.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуется статическая работа системы бетонная гравитационная плотина - скальное основание в общем случае с учётом раскрытия контакта, разуплотнения основания и пропускной способности дренажа по методике совместных статико-фильтрационных расчетов в рамках МКЭ, подробно изложенных в [1, 2, 3, 4], в зависимости от следующих факторов:

- заложения низовой грани (m_2);
- модуля деформации основания (E);
- относительного расстояния от напорной грани до оси цементационной завесы ($\lambda_{ц}$).

Исследования выполнялись с помощью теории планирования эксперимента. Это значительно сокращает требуемое количество экспериментов за счет одновременного варьирования всеми факторами, а последующая обработка результатов позволяет оценить вес каждого фактора, отбросить незначимые и получить в итоге зависимости, количественно описывающие поведение исследуемого объекта в области варьирования факторов. Наличие таких зависимостей позволяет при оценке НДС и несущей способности сооружения обходиться без проведения математического эксперимента в каждом конкретном случае.

Таким образом, задачей является получение следующих зависимостей:

$$\lambda_{p,t} = f(m_2, E, \lambda_{ц}), \quad (1)$$

$$\sigma_{п} = f(m_2, E, \lambda_{ц}), \quad (2)$$

$$\sigma_{o} = f(m_2, E, \lambda_{ц}), \quad (3)$$

$$K_{y} = f(m_2, E, \lambda_{ц}), \quad (4)$$

$$K_{y,m} = f(m_2, E, \lambda_{ц}), \quad (5)$$

где: $\lambda_{p,t}$ - относительное раскрытие контактного шва.

$\sigma_{п}$, σ_{o} – главные сжимающие напряжения в бетоне плотины и скале основания.

K_{y} - коэффициенты устойчивости сооружения на сдвиг по контакту со сдвиговыми характеристиками по полевым испытаниям, соотнесенными с модулем деформации (табл. 3)

$K_{y,m}$ - коэффициенты устойчивости сооружения на сдвиг по контакту со сдвиговыми характеристиками по СП 23.13330.2011; $m = 1, 2, 3$ - соответствующая группа основания по классификации СП 23.13330.2011.

Для удобства и краткости дальнейшего изложения обозначим искомые функции отклика $\lambda_{p,t}$, $\sigma_{п}$, σ_{o} , K_y , $K_{y,1}$, $K_{y,2}$, $K_{y,3}$ соответственно через $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7$ а варьируемые факторы $m_2, E, \lambda_{ц}$ через X_1, X_2, X_3 . Тогда выражения (1) - (5) запишутся в виде:

$$Y_i = f(X_1, X_2, X_3), i = 1, \dots, 7, \quad (6)$$

Реализованный трехфакторный план численного эксперимента для квадратичной модели [3] представлен в табл. 1. Выбранные факторы и уровни их варьирования в натуральных и кодированных величинах приведены в табл. 2.

Таблица 1. План эксперимента для квадратичной модели

№ экспер.	Факторы и взаимодействия										
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1
2	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1
3	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1
4	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1
5	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
6	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1
7	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	1	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0
12	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
13	1	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0
14	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Таблица 2. Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Обозначение	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
		Нижний (-1)	Основной (0)	Верхний (+1)	
Уклон низовой грани m_2	X_1	0.60	0.70	0.80	0.10
Модуль деформации основания $E_0 \cdot 10^3$ МПа	X_2	5.00	15.00	25.00	10.00
Относительное расстояние от напорной грани до оси цементационной завесы $\lambda_{ц}$	X_3	0.10	0.20	0.30	0.10

Рассматривалась бетонная гравитационная плотина с высотой и напором $H = 100$ м. Область основания под плотиной моделировалась размерами $2H \times (4 \cdot H + B)$ м (рис. 4.1). Сетка конечных элементов состояла из 1362 узлов и 1270 конечных элементов. Плотина была разбита на 591, а область основания на 750 конечных элементов. Сгущение сетки производилось в приконтактной области, контактный шов моделировался 20 контактными элементами. Точность дискретизации контакта составляла 1:40 (или 0,025 ширины подошвы сооружения) при двух точках интегрирования внутри элемента.

Принимались следующие показатели свойств материала плотины (бетон класса В20): модуль деформации $E = 25000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$; объемный вес бетона $\rho = 24$ кН/м³. Свойства скального основания приведены в табл. 3.

Таблица 3. Свойства основания и контакта бетон-скала

№	Величина	Обозначение	Тип основания			Единица измерения
			Жёсткое	Средней жёсткости	Мягкое	
1	модуль деформации	E_{oc}	25000.00	15000.00	5000.00	МПа
2	прочность на растяжение	R_p	0.25	0.20	0.15	МПа
4	коэффициент Пуассона	ν_{oc}	0.24	0.24	0.24	
5	объёмный вес	γ_{oc}	25,0	25,0	25,0	кН/м ³
Контакт бетон - скала						
6	$tg\varphi$	$tg\varphi$	2.00	1.50	1.00	
7	Угол трения	φ	63.43	56.31	45.00	градусов
8	Сцепление	C	3.00	2.00	1.00	МПа
9	Нормальная жёсткость	K_n	25 000,00	25 000,00	25 000,00	МПа/м
10	Касательная жёсткость	K_s	10 000,00	10 000,00	10 000,00	МПа/м

Для моделирования массива основания и тела плотины применяются четырехугольные конечные элементы с внеузловыми степенями свободы [14], позволяющие осуществить квадратичную аппроксимацию перемещений внутри элемента. Трещины и контактный шов моделируются специальными контактными элементами [12, 13]. Элементы обоих типов используются совместно в единой расчетной схеме.

Моделирование нелинейной работы сплошных элементов за пределами прочности материала на сжатие и растяжение осуществляется в рамках деформационной теории пластичности [8] с помощью итерационной процедуры метода начальных напряжений [9]. Контактный элемент, моделирующий поведение трещин и швов, работает нелинейно при раскрытии под действием нормальных растягивающих напряжений, закрытии, превышающем предельно допустимое значение смыкания, а также, когда касательное напряжение в элементе превышает сдвиговую прочность, определяемую по зависимости Кулона-Мора [5, 6, 7].

Решение задачи МКЭ дает величины перемещений, по которым подсчитываются напряжения и деформации в элементах воспроизводящих сплошную среду, раскрытия и напряжения контактных элементов, используемые в дальнейшем для корректировки проницаемости контактного шва и квазисплошной среды основания.

В качестве нагрузок воспроизводились: собственный вес плотины, гидростатическое давление воды со стороны верхнего бьефа. Фильтрационное противодействие по подошве сооружения и объемные фильтрационные нагрузки получались в ходе решения статико-фильтрационной задачи в порядке, изложенном в [4].

В качестве функций отклика были выбраны: относительная длина раскрытия контакта бетон-скала $\lambda_{p,t}$; максимальные главные сжимающие напряжения в плотине и основании в зоне низового клина плотины σ_p , σ_o ; коэффициенты устойчивости сооружения на сдвиг по контакту с сдвиговыми характеристиками по полевым испытаниям (табл. 3); коэффициенты устойчивости сооружения на сдвиг по контакту со сдвиговыми характеристиками по СП 23.13330.2011, соответствующих различным группам основания: $f_1 = 0,80$, $c_1 = 0,2$ МПа; $f_2 = 0,85$, $c_2 = 0,3$ МПа; $f_3 = 0,95$, $c_3 = 0,4$ МПа. Все коэффициенты устойчивости сооружения на сдвиг по контакту определены при расчётной нагрузке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По полученным в результате численного эксперимента значениям функций отклика Y после статистической обработки и исключения незначимых факторов и их взаимодействий были получены уравнения регрессии, которые в кодированных величинах факторов имеют вид:

$$Y_1 = 0,295 - 0,297x_1 + 0,110x_2 + 0,020x_3 + 0,105x_1^2 - 0,045x_2^2 + 0,017x_3^2 + 0,022x_1x_2 - 0,018x_1x_3, \quad (7)$$

$$Y_2 = 5,960 - 7,090x_1 - 1,040x_2 + 0,980x_3 + 5,159x_1^2 + 0,335x_2^2 - 1,234x_1x_3 - 0,167x_1x_2x_3, \quad (8)$$

$$Y_3 = 5,021 - 5,512x_1 - 0,424x_2 + 0,563x_3 + 3,660x_1^2 + 0,145x_2^2 - 0,741x_1x_3, \quad (9)$$

$$Y_4 = 3,466 + 1,479x_1 + 1,246x_2 - 0,016x_3 + 0,169x_1^2 - 0,096x_2^2 + 0,014x_3^2 + 0,525x_1x_2 + 0,040x_1x_3 - 0,007x_2x_3 + 0,077x_1x_2x_3, \quad (10)$$

$$Y_5 = 1,088 + 0,333x_1 - 0,070x_2 + 0,097x_1^2 + 0,002x_2^2 - 0,043x_3^2 - 0,053x_1x_2 - 0,015x_1x_3 + 0,027x_2x_3 + 0,022x_1x_2x_3, \quad (11)$$

$$Y_6 = 1,242 + 0,403x_1 - 0,083x_2 + 0,088x_1^2 + 0,008x_2^2 - 0,047x_3^2 - 0,059x_1x_2 - 0,014x_1x_3 + 0,031x_2x_3 + 0,024x_1x_2x_3, \quad (12)$$

$$Y_7 = 1,446 + 0,488x_1 - 0,0996x_2 + 0,099x_1^2 + 0,014x_2^2 - 0,056x_3^2 - 0,069x_1x_2 - 0,014x_1x_3 + 0,034x_2x_3 + 0,029x_1x_2x_3 \quad (13)$$

Анализ полученных уравнений показал следующее. Величины раскрытия контактной трещины (уравнение (7)) увеличиваются с обжатием профиля плотины и с увеличением жесткости основания E и расстояния до цементационной завесы $\lambda_{ц}$, и влияние заложения низовой грани сказывается в большей степени, чем других факторов (абсолютная величина $|b_1 = 0,297|$ больше $|b_2|$ и $|b_3|$ соответственно в 2,70 и 14,75 раз.

Значение коэффициента b_1 в уравнении (7) показывает, что изменение величины m_2 более существенно влияет на рассматриваемую функцию отклика при меньшем значении этого фактора. Коэффициент b_2 в этом уравнений показывает, что изменение модуля деформации основания E более заметно влияет на функцию отклика. Квадратичный эффект третьего фактора для всех уравнений регрессии (8) - (9) оказался незначимым. Знак коэффициента b_8 в уравнении (7) показывает, что расстояние от напорной грани до оси цементационной завесы $\lambda_{ц}$ оказывает большее влияние на длину раскрытия трещины при обжатых профилях плотин. Анализ уравнений (8) и (9) показывает, что изменение заложения низовой грани m_2 более всего влияет на напряжения в плотине и в основании. В (8) абсолютная величина коэффициента регрессии $|b_1|$ больше $|b_2|$ и $|b_3|$ соответственно в 4,73 и 7,23 раз. В (9) абсолютная величина $|b_1|$ больше $|b_2|$ и $|b_3|$ соответственно в 13,00 и 9,79 раз. Это доказывает, что напряжение в основании под низовой гранью плотины почти полностью определяется заложением грани и мало зависит от модуля деформации основания. Модуль деформации основания оказывает большее влияние на напряжение в основании при распластанных профилях.

Коэффициент устойчивости плотины на сдвиг K_y с характеристиками контакта (по полевыми испытаниям) (уравнение 10) почти не зависит от $\lambda_{ц}$. Абсолютная величина $|b_3|$ слишком мала по сравнению с $|b_1|$ и $|b_2|$ (меньше в 92,44 и 77,88 раз).

Знак b_2 в (10) показывает, что коэффициент устойчивости K_y возрастает с увеличением E , а коэффициент устойчивости плотины на сдвиг с характеристиками контакта по

СП 23.13330.2011 снижается с увеличением E . Это объясняется тем, что увеличение раскрытия контакта приводит уменьшению контактной площади и при сниженных характеристиках сдвиговой прочности (в соответствии с СП 23.13330.2011) предопределяет схему плоского сдвига. При высоких параметрах сдвиговой прочности возможны другие формы исчерпания несущей способности, а именно схема предельного поворота.

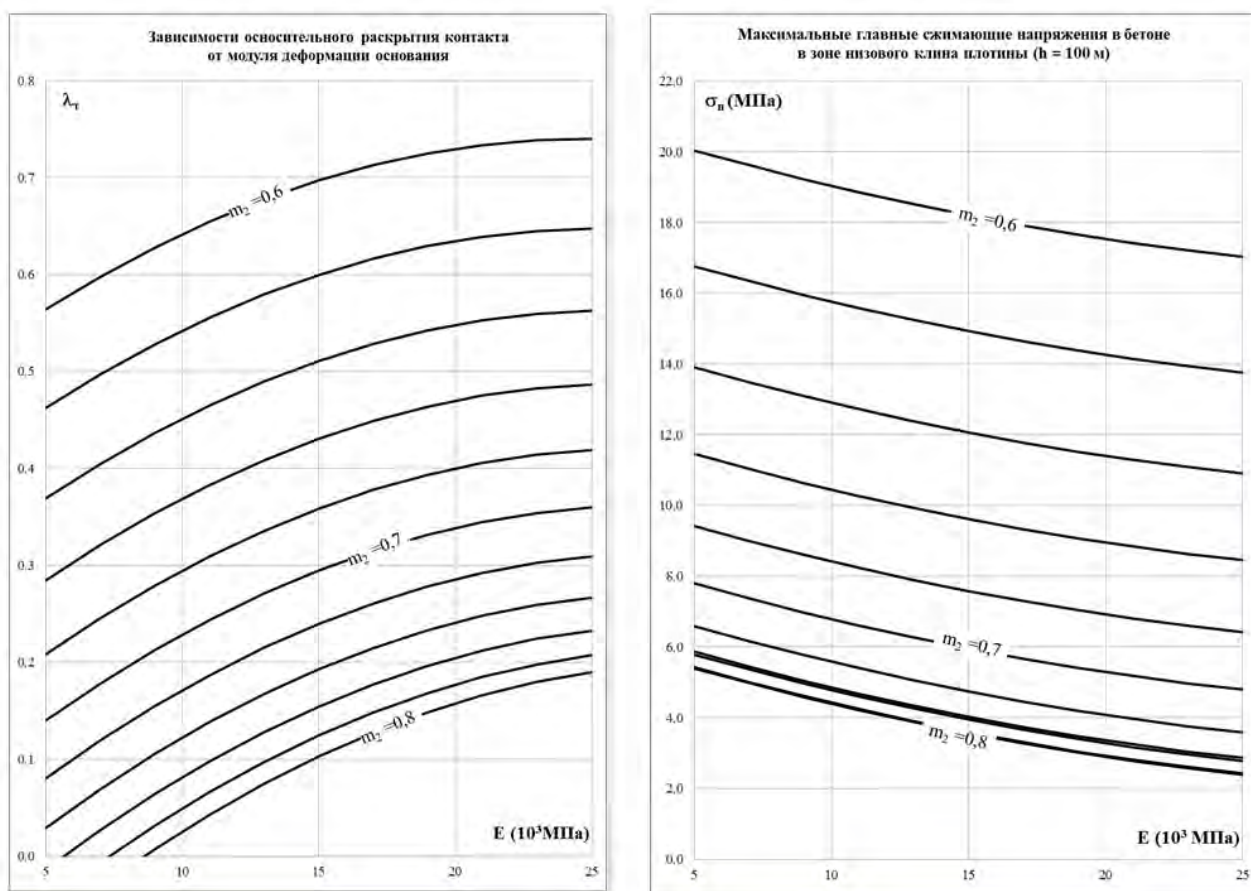


Рис. 1. Зависимости относительного раскрытия контакта и максимальных главных сжимающих напряжений в бетоне от модуля деформации основания при $X_3 = 0$

Зависимости (7)-(13) можно представить в натуральных величинах. Для анализа удобно представить в виде графиков. Такое представление позволяет исследовать взаимное влияние параметров, оценивать влияние параметров на отклик в определенном интервале и дает наглядную геометрическую интерпретацию исследуемой зависимости. На рис. 1 представлены зависимости относительного раскрытия контакта и максимального сжатия в бетоне от модуля деформации основания.

ВЫВОДЫ

В результате реализации численного эксперимента с использованием теории планирования получены зависимости относительной длины контактной трещины, главных сжимающих напряжений в зоне низового клина и коэффициентов устойчивости от исследованных параметров - уклона низовой грани бетонной гравитационной плотины, податливости массива основания и относительного расстояния от напорной грани плотины до оси цементационной завесы. При этом в расчетах учитывалось изменение противодействия воды по подошве плотины при раскрытии контактной трещины, образования области разуплотнения основания и пропускной способности глубинного дренажа основания.

Полученные расчетные зависимости и графики позволяют на предварительных стадиях проектирования обосновать профиль плотины без выполнения расчетных исследований

МКЭ. При этом стоит отметить, что длина раскрытия контакта не зависит от высоты плотины, а значения напряжений практически линейно зависят от высоты.

Точное прогнозирование длины раскрытия контактного шва, сдвиговых подвижек по шву, распространение зоны разуплотнения под сооружением и влияние этих факторов на несущую способность конкретной бетонной плотины, на всех стадиях проектирования, возможно с применением предложенной методики статико-фильтрационных расчетов и при учете всего сложного комплекса внешних факторов: поэтапности его возведения и нагружения, наличия швов и трещин, как в теле плотины, так и в основании и температурных воздействий строительного и эксплуатационного периодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаян А.Г. Конечно-элементная методика для совместных расчетов фильтрационного режима и статической работы системы "бетонная плотина - скальное основание" // Гидротехническое строительство, 1992, № 4, с.10-19.
2. Толстиков В.В., Нгуен Хыу Хуе Расчет напряженно-деформированного состояния бетонных плотин с учетом фильтрационного режима в трещиноватом скальном основании // Строительные материалы оборудование технологии XXI века №9, 2006 г.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука, 1976.
4. Толстиков В.В. Изменение фильтрационного противодавления на подошву бетонной гравитационной плотины при раскрытии контактного шва и разуплотнении скального основания // Гидротехническое строительство – 2019, № 1.
5. Толстиков В.В., Нгуен Дык Нгиа Численное исследование возможных схем разрушения системы «Бетонная гравитационная плотина-скальное основание // Вестник МГСУ. 2011, №5.
6. Толстиков В.В., Нгуен Дык Нгиа Численное моделирование разрушения системы бетонная гравитационная плотина – блочное скальное основание // Гидротехническое строительство, 2011, № 10
7. Толстиков В.В. Моделирование работы швов и трещин в расчетах напряженно-деформированного состояния бетонных плотин // Вестник МГСУ, №2, 2006
8. Зерцалов М.Г., Толстиков В.В. Учёт упругопластической работы бетонных плотин и скальных оснований в расчётах с использованием МКЭ // Гидротехническое строительство. - 1988.-№8.
9. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. -М.:Мир,1975. - 539 с.
10. Семенов В.В. Совместные статические и фильтрационные расчеты скальных оснований бетонных плотин // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике. Работа бетонных плотин совместно со скальным основанием. Л.: Энергоатомиздат, 1986 г, с.78-90.
11. Эйдельман С.Я. Раскрытие контактных швов и разуплотнение скального основания под первыми столбами русловой плотины Братской ГЭС. Известия ВНИИГ, 1970, т.94, с.140-153.
12. Brekke T.L., Noorishad J., Witherspoon P.A., Maini Y.N.T. Coupled Stress and Flow Analysis of Fractured Dam Foundations and Rock Slopes // Paper Presented at Symposium of International Society for Rock Mechanics on «Percolation through Fissured Rock», Stuttgart, September 18-19, 1972.
13. Goodman R.E., Taylor R.L., Brekke T.L. A model for mechanics of jointed rocks // Journal of the soil mechanics and foundation division, Proceedings of the ASCE .-1968.-SM 3.-№5.-p.637-659.
14. Irons B.M. Economical Computer Techniques for Numerically Integrated Finite Elements.// Int.Journ.Numer.Meth., Eng., 1, p.201-203, 1969.

Секция 7. Безопасность зданий и сооружений

СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДОНОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВНУТРИЖИЛИЩНОЙ СРЕДЫ

Н.В. Бакаева¹, А.В. Калайдо²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, natbak@mail.ru

²НИИ Строительной физики Российской Академии архитектуры и строительных наук, Москва, Россия; 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21, kalaydo18@mail.ru

Аннотация

Жилые здания, предназначенные для защиты человека от негативного воздействия окружающей среды, сами при определенных условиях становятся центрами радиационно-экологических проблем. Облучение радоном и его дочерними продуктами распада в быту по интенсивности превышает другие источники радиации, нанося существенный ущерб коллективному здоровью населения в России и за рубежом. Ограничение дозы облучения радоном в жилых и общественных зданиях возможно исключительно за счет использования современных технологий строительства, однако на данный момент в мире не выработано универсального подхода к обеспечению радоновой безопасности объектов строительства. Это отчасти объясняется многофакторностью процесса формирования радоновой обстановки в зданиях, не позволяющей однозначно установить пути и механизмы поступления радона. В статье выполнен сравнительный анализ противоположных по своей сути стратегий обеспечения радонобезопасности зданий в России и Соединенных Штатах Америки.

ВВЕДЕНИЕ

Городская среда уже достаточно давно является основной сферой жизнедеятельности человека, в настоящее время более 3/4 населения России и других промышленно развитых стран проживает на урбанизированных территориях. В современных городах сконцентрирован практически весь научный и культурный потенциал общества, а сам город является местом удовлетворения биологических, социальных, духовных и других значимых потребностей человека.

Но, наряду с развивающими человека функциями, города являются еще и концентраторами масштабных экологических проблем. Крайне высокая в пределах селитебных территорий нагрузка на Биосферу привела к появлению техногенно усиленных природных факторов, негативно действующих на человека в объектах техносферы. Одним из таких факторов является облучение радоном и его продуктами распада в жилых и общественных зданиях [1, 2].

Радон образуется в грунте из материнского радия и, попадая в атмосферу, моментально рассредоточивается до пренебрежимо малых концентраций. Но если движению к дневной поверхности препятствуют подземные ограждающие конструкции зданий, то при определенных условиях радон способен проникать сквозь них и накапливаться в воздухе помещений нижнего этажа в опасных количествах. В результате, в зданиях формируется большая часть индивидуальной годовой дозы радиоактивного облучения.

Радон и его дочерние продукты распада (ДПР) поражают органы дыхания человека, сам радон отнесен к канцерогенам наиболее опасной первой группы [3]. В США ежегодно более 20 000 смертей от рака легкого вызваны бытовым облучением радоном и его ДПР [4]. При этом угрозу здоровью создают крайне малые массовые концентрации радона в воздухе помещений ($\sim 10^{-17}$ % от массы воздуха), поэтому для оценки его содержания используют

пропорциональную массе активность: в зарубежных странах применяется объемная активность (ОА), в России и странах СНГ – эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) ДПР радона. Обе величины измеряются в беккерелях на метр кубический ($\text{Бк}/\text{м}^3$) и связаны соотношением

$$\text{ЭРОА} = F \cdot \text{ОА}, \quad (1)$$

где F – коэффициент сдвига радиоактивного равновесия.

Для величин ОА и ЭРОА не существует однозначного перехода, так как коэффициент F зависит от условий воздухообмена в помещении и может изменяться в пределах от 0 до 1. Если величина F неизвестна, то его значение следует принимать равным 0,4–0,5 согласно рекомендациям международных организаций [5].

Задача обеспечения радиационной безопасности зданий и сооружений состоит в обеспечении посредством строительных технологий содержания радона во внутреннем воздухе, которое не будет превышать национальные контрольные уровни (уровни действия). Величина национального уровня зависит от целого ряда факторов, таких как радоноопасность территории, структура жилищного фонда, уровень социально-экономического развития страны и т.д. В США предельная допустимая активность радона в воздухе помещений составляет $150 \text{ Бк}/\text{м}^3$ [6], в России действует двухуровневый норматив, согласно которому величина ЭРОА продуктов радона не должна превышать $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$ для существующих зданий и $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$ для строящихся (приблизительно 400 и 200 $\text{Бк}/\text{м}^3$ в единицах ОА) [7]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует стремиться к обеспечению эталонного уровня радона в помещениях $\text{ОА} = 100 \text{ Бк}/\text{м}^3$ [8].

Изучение радоновой проблемы в мире продолжается уже более 50 лет, однако до сих пор не выработано единого подхода к обеспечению радиационной безопасности зданий, что объясняется многофакторностью процесса переноса радона из грунта в воздух помещений, на характер которого влияют геофизические характеристики грунта под зданием, особенности конструкции и эксплуатации здания и т.д. [9, 10]. В этой связи представляет интерес анализ стратегий обеспечения радонобезопасности зданий в России и США – странах, занимающих ведущие места в мире по масштабам радоновых исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ключевым моментом в вопросе эффективного ограничения поступления радона в здания является понимание механизма его переноса в грунте и материалах подземных ограждающих конструкций. Как известно, радон в пористых средах может переноситься посредством двух разных по природе механизмов – конвективного и диффузионного [11, 12].

Конвективный перенос вызван температурно-индуцированным градиентом давлений на внешних границах подземной оболочки здания, его плотность изменяется в очень широких пределах, что вызвано огромным диапазоном возможных значений проницаемости пористых сред (от 10^{-9} до 10^{-16} м^2 и ниже). *Диффузионное поступление* радона в здание вызывается разностью его активностей в почвенном газе и воздухе помещения. Диапазон изменений коэффициента диффузии радона в пористых средах существенно меньше, чем у их проницаемости (не более двух порядков).

Каждый из механизмов поступления радона в здания требует собственного комплекса защитных мероприятий. Так, герметизация подземной оболочки здания является эффективным средством ограничения конвективного переноса радона, но практически не влияет на интенсивность диффузионного поступления. Именно особенностями понимания доминирующего механизма переноса радона в пористых средах объясняется существенное различие в подходах к обеспечению радоновой безопасности зданий в России и США.

В США концепция обеспечения радиационной безопасности зданий предполагает устранении потенциальной опасности повышенного бытового облучения во избежание опасности действительной. На протяжении 30 лет там проводились интенсивные исследования по установлению доминирующего механизма переноса радона в здания, по их

результатам Агентством по охране окружающей среды было предложено считать доминирующим конвективное поступление радона в помещения через щели и трещины в фундаментных плитах. Данное утверждение было закреплено законодательно наряду с положением, что радоновая безопасность здания может быть полностью гарантирована лишь в случае применения активных технологий защиты от радона [13].

В настоящее время радоновая безопасность американских зданий обеспечивается за счет применения технологий активного разрежения грунта (Active soil depressurization, ASD) – системы мероприятий по ограничению поступления радона посредством создания зоны пониженного давления под жилой зоной, обеспечивающей благоприятные условия для накопления радона и его последующего удаления средствами механической вентиляции (рис. 1) [14].

Для конструкции пола с монолитной плитой основания (плавающая плита, плита на ростверке, плита над подполом) применяется *разрежение под плитой основания* (Sub-slab depressurization) – метод уменьшения поступления радона за счет поддержания более низкого давления воздуха под плитой основания, чем над ней. Данный метод имеет следующие конструктивные разновидности:

1. *Всасывающая яма* (suction pit) – полость объемом не менее 7 дм³ (7 л) создается под плитой основания в месте ввода всасывающего трубопровода (рис. 2, а). Для более эффективного удаления радона слой под плитой должен иметь высокую воздухопроницаемость (порядка 10⁻⁹÷10⁻¹⁰ м²), для обеспечения данных условий наиболее подходит слой гравия толщиной 10...15 см. Во избежание поступления радона в жилую зону, неплотности в месте ввода всасывающей трубы герметизируются эпоксидной смолой или полимерной мастикой.

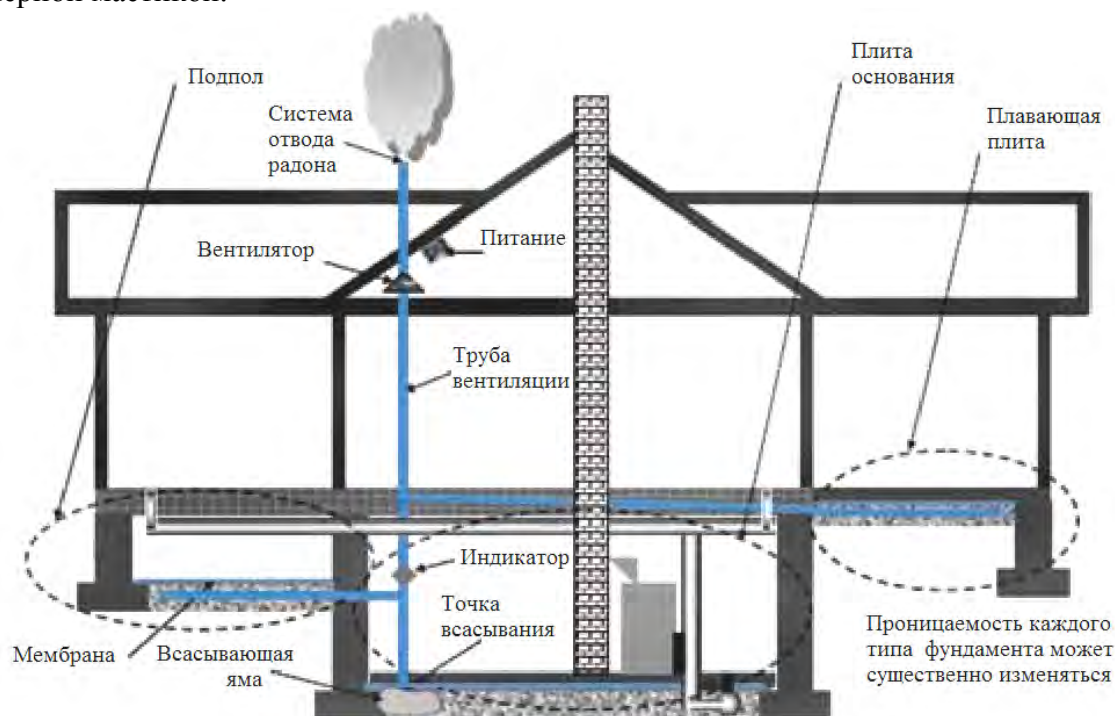


Рис.1. Система активного разрежения грунта

2. *Дренаж* (drain-tile) – в данном случае всасывающий трубопровод непосредственно отбирает почвенный воздух из дренажного слоя, образованного материалом с высокой воздухопроницаемостью (рис. 2, б). В качестве дренажного материала принято использовать крупный гравий или геотекстиль.

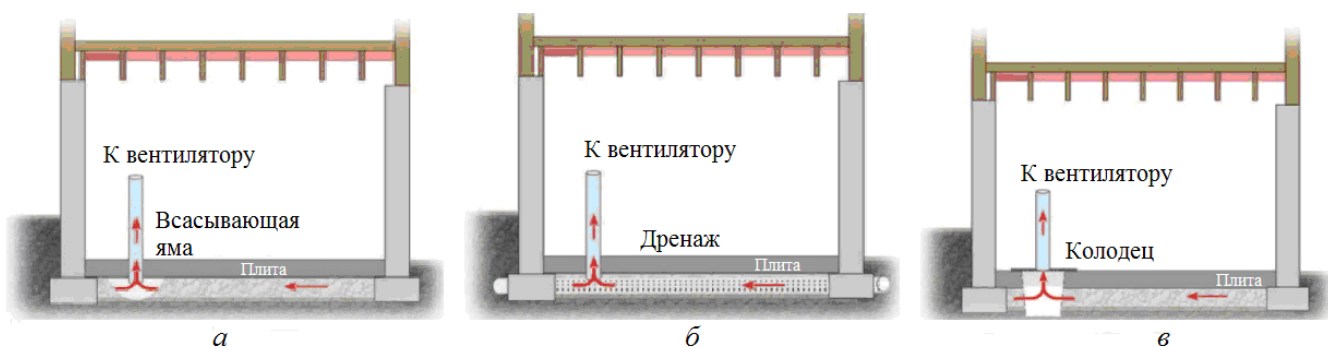


Рис. 2. Метод разрежения под плитой основания: *а* – всасывающая яма; *б* – дренаж; *в* – колодец

3. *Колодец* (sump) – полость с почвенным воздухом не соединяется на прямую с всасывающим трубопроводом, ввод которого герметизируется крышкой из гибкого эластичного материала (рис. 2, *в*). Недостатком подобной схемы является шум от работы системы ASD и утечки почвенного воздуха в жилые помещения.

При использовании в конструкции пола листового полимера (мембраны), размещаемого по фундаменту дома, метод снижения поступления радона носит название *подмембранного разрежения* (Sub-membrane depressurization).

Активные технологии радонозащиты, безусловно, эффективны в борьбе с интенсивным конвективным поступлением радона, однако сам факт доминирования конвективного переноса не является общепризнанным даже среди американских ученых [15,16]. Помимо этого, ASD-системы дороги и энергозатратны, их элементы являются источником постоянных шумов и вибраций, а монтаж требует внесения изменений в конструкцию здания. Поэтому повсеместное применение активных технологий защиты от радона вряд ли можно признать обоснованным.

В России изучение закономерностей поступления радона в здания более 30 лет ведется в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ строительной физики РААСН, существенный вклад в понимание особенностей формирования радоновой обстановки в здании внесен учеными Института промышленной экологии УрО РАН, исследователями целого ряда академических институтов и преподавателями учреждений высшего образования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данный момент установлено, что доминирующий механизм переноса радона определяется текущим состоянием системы сред «грунт-здание», поэтому практический интерес представляет сопоставление вкладов диффузии и конвекции в перенос радона из грунта в воздух помещений нижнего этажа. На рис. 3 показан результат расчета плотностей диффузионной и конвективной составляющих потока радона в зависимости от проницаемости среды переноса.

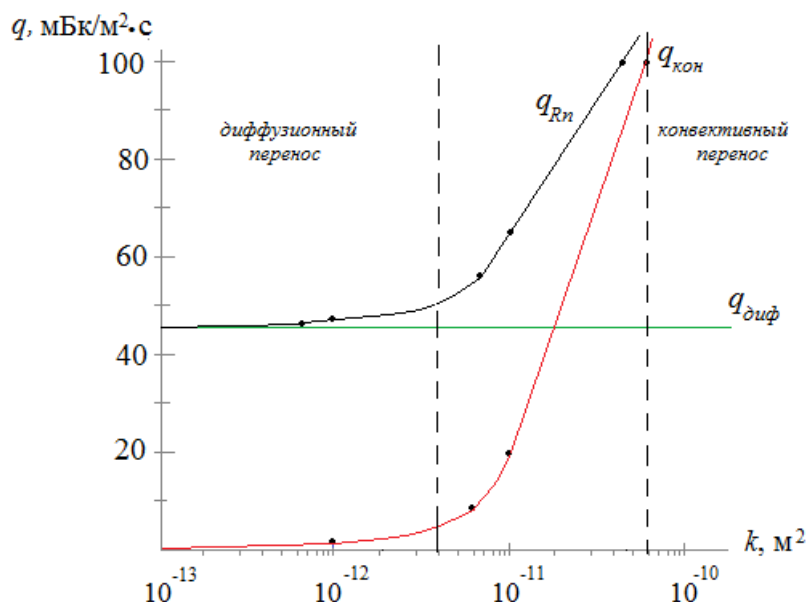


Рис. 3. Зависимость плотностей потока радона из грунта в здание от проницаемости конструкции пола: $q_{диф}$ – плотность диффузионного потока; $q_{кон}$ – плотность конвективного потока; q_{Rn} – суммарная плотность потока радона

При вычислениях использовались консервативные значения эффективного коэффициента диффузии ($D_{эф} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) и градиента давления ($\partial P/\partial z = 1,0 \text{ Па/м}$). Максимальная объемная активность радона в почвенном воздухе принималась равной $A_{max} = 36\,500 \text{ Бк/м}^3$, что соответствует среднемировому значению удельной активности радия в грунте $C_{Ra} = 30 \text{ Бк/кг}$ при коэффициенте эманирования радона $k_{эм} = 0,3$ и пористости среды $\varepsilon = 0,4$.

Как видно из рис. 3, конвективный поток начинает играть значимую роль в поступлении радона в здание при проницаемостях подземной оболочки зданий $(3 \div 5) \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$, а при проницаемостях $(3 \div 5) \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$ он становится доминирующим.

Таким образом, обязательным условием обеспечения радоновой безопасности помещений нижнего этажа является отсутствие конвективного поступления в них радона из грунта, что имеет место при проницаемости конструкции пола не более 10^{-12} м^2 . Достижение подобной проницаемости не представляет каких-либо сложностей: конвективное поступление может быть практически сведено к нулю использованием традиционной конструкции фундамента с бетонной плитой основания и герметизацией швов и стыков в подземной оболочке здания. Тогда в условиях чисто диффузионного переноса радона, радиационная безопасность жилой среды может быть обеспечена применением исключительно пассивных защитных технологий. Для этого на стадии проектирования необходимо последовательно выполнить следующие шаги:

1. Задать приемлемое содержание радона в воздухе помещений $ЭРОА_{mp}$ после введения здания в эксплуатацию и определить из него предельное допустимое значение плотности потока радона через горизонтальные подземные конструкции по формуле

$$q_{Rn} = \frac{ЭРОА_{mp} \cdot (\lambda + n) \cdot h}{F}, \quad (2)$$

где $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ – постоянная распада радона; n – кратность воздухообмена в помещении, с^{-1} ; h – высота помещения, м.

2. Методом гамма-спектрометрического анализа грунта с места закладки фундамента определить удельную активность радия C_{Ra} в нем и коэффициент эманирования радона $k_{эм}$, после чего вычислить максимально возможную радоновую нагрузку на подземную оболочку здания по формуле

$$A_{\max} = C_{Ra} \cdot \rho_3 \cdot k_{эм} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где $\rho_3 \approx 2700 \text{ кг/м}^3$ – плотность твердой фазы (зерен) грунта, ε – пористость.

3. Вычислить минимальное достаточное сопротивление радонопроницанию конструкции пола по формуле

$$R_{\min} = \frac{A_{\max}}{q_{\text{диф}}}. \quad (4)$$

4. Проверить возможность обеспечения данного сопротивления радонопроницанию одним слоем бетона (плита основания). Сопротивление радонопроницанию слоя однородного материала определяется по формуле

$$R = \frac{1}{\sqrt{\lambda \cdot D_6}} \cdot sh \left(H \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{D_6}} \right) \rightarrow H_{\min} = \sqrt{\frac{D_6}{\lambda}} \cdot \text{arcsh} \left(R_{\min} \cdot \sqrt{\lambda \cdot D_6} \right). \quad (5)$$

5. Если требуемая толщина плиты основания существенно превышает размеры, необходимые для обеспечения основных несущих функций, то в конструкцию пола должен быть введен второй слой с более высоким сопротивлением радонопроницанию, которым чаще всего выступает гидро-газоизолирующий полимерный материал толщиной 2...3 мм с коэффициентом диффузии радона $1 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$. Для двухслойной конструкции общее сопротивление радонопроницанию выражается формулой [5]

$$R_{\Sigma} \approx R_1 + R_2 = \sum_{i=1}^2 \frac{1}{\sqrt{\lambda \cdot D_i}} \cdot sh \left(H_i \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{D_i}} \right), \quad (6)$$

где $i = 1, 2$ – номер защитного слоя в конструкции пола.

Использование предложенной методики, разработанной в НИИ строительной физики РААСН, позволяет на стадии проектирования обеспечивать требуемый радонозащитный ресурс зданий исключительно за счет использования пассивных технологий, не требующих подведения энергии и установки дополнительного оборудования.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования наглядно показывают, что на данный момент в мире не выработано единого подхода к обеспечению радоновой безопасности зданий. В США законодательно закреплено использование активных технологий защиты от радона, тогда как среди российских специалистов в области строительной физики доминирует точка зрения, что приемлемые уровни радона в зданиях большинства территорий могут быть обеспечены за счет рационального проектирования горизонтальных подземных ограждающих конструкций зданий, выполняющих несущие функции. Такое различие в подходах указывает на необходимость дальнейшего изучения закономерностей переноса радона в пористых средах с целью построения универсальной и адекватной модели его поступления в здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романович И.К. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия / ФБУН НИИ радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева [Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. и др.]; под редакцией академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. – Санкт-Петербург: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. – 432 с.
2. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon / ed. C.H. Clement // Annals of the ICRP. – 2010. – Vol. 40 (1). – 64 p.
3. Darby S, Hill D, Auvinen A, et al. 2005 Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal* 330 pp. 223–227.
4. US Reducing Radon in New Construction of 1 and 2 Family Dwellings and Townhouses (CCAH 2020). AARST Consortium on national radon standards. 33 p.

5. ICRP: Protection against radon-222 at home and work. International Commission on Radiological Protection Publication 65. Pergamon, 1994. 89 p.
6. US Soil Gas Mitigation Standards for Existing Homes (SGM-SF 2017). AARST Consortium on national radon standards. 80 p.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): (Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1.2523-09): зарегистрирован 14 августа 2009 г. Регистрационный № 14534 – М.: Минюст России, 2009. – 225 с.
8. World Health Organization, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, WHO, Geneva, 2009. 94 p.
9. Гулабянц, Л.А. Математическая модель формирования радоновой обстановки в здании / Л.А. Гулабянц, А.В. Калайдо, М.И. Лившиц // АНРИ: Аппаратура и новости радиационных измерений, 2017. – № 1 (88). – С. 41-49.
10. Жуковский М.В. Радоновая безопасность зданий / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко // Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 180 с.
11. Jelle В.Р 2012 Development of a model for radon concentration in indoor air Science of the Total Environment 416 Pp. 343-350.
12. Diallo T, Collignan B, Allard F 2015 2D Semi-empirical models for predicting the entry of soil gas pollutants into buildings Building and Environment 85 pp. 1-16.
13. US Radon Mitigation Standards for Multifamily Buildings (RMS-MF 2018). AARST Consortium on national radon standards. 59 p.
14. Minkin L, Shapovalov A.S. 2008 Indoor radon entry: 30 years later Iran. J. Radiat. Res 6 (1) pp. 1-6.
15. Minkin L 2002 Is diffusion, thermodiffusion, or advection a primary mechanism of indoor radon entry? Radiation Protection Dosimetry 102 (2) pp. 153–162.
16. Tanner A.B 1990 The role of diffusion in radon entry into houses. In: Proceedings of the 1990 International Symposium on Radon and Radon Reduction Technology, Vol. 111. Preprints. Research Triangle Park: US Environmental Protection Agency; EPA/600/9-90/005c.

ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ УСТАНОВКИ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ДАВЛЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ ВЗРЫВЕ ГАЗА

В.А. Горев, А.Д. Корольченко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, korolchenko@mgisu.ru

Аннотация

Аварийные газовые взрывы внутри помещений происходят регулярно, а в последнее время особенно часто в жилых помещениях. В современных регламентирующих документах основное внимание уделяется определению площади проемов, перекрываемых легкобрасываемыми конструкциями (ЛСК). Величина этой площади связывается с объемом помещения. Свойства самих ЛСК с объемом помещения, в котором происходит взрыв, никак не коррелируют. Формальный перенос количественных критериев защиты от взрыва производственных объектов на жилые может привести к значительным ошибкам, причём в сторону уменьшения безопасности, что недопустимо. Необходимо учитывать особенности развития взрыва в жилых помещениях, в частности особенности сброса давления. Часто в качестве ЛСК используются оконные переплёты, которые устанавливаются внутри проема, так что в начале движения ЛСК внутри проема сброс давления затруднён, и давление взрыва растёт как в герметичном объеме. Этот эффект заметнее проявляется при взрывах в помещениях меньшего объема. В данной работе показано, что к легкобрасываемым конструкциям, применяемым для защиты при взрыве в помещениях меньшего объема, необходимо предъявлять более жёсткие требования, при сохранении зависимости площади перекрытых проемов от объема помещения. Уменьшение глубины установки ЛСК в проёмах является неиспользованным и эффективным методом повышения надежности защиты зданий от внутреннего взрыва.

ВВЕДЕНИЕ

Для защиты от последствий аварийных взрывов внутри замкнутых объемов используются легкобрасываемые конструкции (ЛСК), то есть конструкции, разрушаемые или вскрывающие часть ограждения для сброса давления. Предельные состояния несущих конструкций при взрывах в зданиях наступают при сравнительно низких давлениях взрыва ≤ 20 кПа - в этом особенность взрыва в помещениях. Вследствие этого ЛСК должны сработать так, чтобы максимальное давление взрыва в помещении было значительно меньше максимально возможного значения. К ЛСК для зданий необходимо предъявлять повышенные требования, так как с их помощью давление сбрасывается на порядки, и этот сброс происходит на фоне низкого избыточного давления, когда скорость сброса низка. Скорость сброса находится в прямой монотонной зависимости от избыточного давления. Выполнение повышенных требований, которые должны предъявляться к ЛСК в зданиях, обеспечивается увеличением площади проемов, перекрываемых ЛСК, и повышением эффективности срабатывания самих ЛСК. В регламентирующих документах [1-5] предъявляются требования к площади перекрываемых проемов, но требования к самим ЛСК рассмотрены недостаточно [7-11]. В результате, когда требования по площади ЛСК выполнены, но они при этом не выполняют своё предназначение и не защищают объект. Особенно это заметно при взрывах в жилых зданиях [12-18], где требования к площади окон по освещенности превышают требования к площади проемов по [19-21]. Для определения требуемой площади для защиты зданий от возможного взрыва необходимо знать его несущие возможности. Чтобы определять несущую способность объекта при внутреннем взрыве необходимо провести расчет на действие взрывной нагрузки. Цель исследования определить требования к креплению ЛСК, чтобы повысить их эффективность,

определить основные временные изменения давления взрыва для формирования расчетной взрывной нагрузки при внутреннем взрыве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения площади проемов расчетом, необходимо иметь сведения о скорости взрывного горения смеси, максимально возможной площади пламени во время взрыва и максимально допустимое давление, при котором еще сохраняется несущая способность несущих конструкций [13]. При определении площади истечения исходят из равенства максимальной скорости образования дополнительного объема газов при взрыве и скорости объемного истечения через проемы при максимально допустимом избыточном давлении взрыва.

$$\frac{s_0}{v_0^{\frac{2}{3}}} = \frac{k_{\phi} U_r (\sigma - 1) \rho_0^{\frac{1}{2}}}{K_{n1} \frac{1}{2^{\frac{1}{2}}} \sqrt{\Delta P_{\alpha}} K_{n2}}$$

где $A_f = K_{\phi} V_0^{\frac{2}{3}}$ - максимальная площадь зоны горения во время взрыва, K_{ϕ} - коэффициент формы, V_0 - объем помещения, S_0 - площадь открытых проемов, U_r - скорость взрывного горения, σ - степень расширения смеси при горении, ΔP_{α} - допускаемое давление, обеспечивающее несущую способность конструкции, K_{n1} - коэффициент расхода, учитывающий сужение струи газа при проходе через проем, $K_{n2} = 1$, если истекает холодная исходная смесь, $K_n = \sqrt{\sigma}$, если истекают горячие продукты горения, ρ_0 - плотность исходной горючей смеси.

$$S_0 \approx (0,1 \div 0,2) V_0^{\frac{2}{3}}$$

$$\Delta P_{op} = \Delta P_v \left(\frac{t_{op}}{t_v} \right)^3 = \Delta P_v (1 + \theta_0)^3$$

После начала истечения газов через проем система уравнений, описывающая движение ЛСК и изменение давления взрыва, выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial \Delta \bar{p}}{\partial \bar{t}} = 3(1 + \bar{t}_1)^2 - \frac{K_u 2^{1/2} \gamma^{2/3}}{\left(\frac{4}{3} \pi (\sigma - 1) \sigma^2 \right)^{1/3}} \times \frac{\left(\frac{P_0}{\Delta P_v} \right)^{1/6}}{(1 + \theta_0)^{0,5}} \times \left(\frac{P_0}{\rho_0} \right)^{1/2} \times \frac{S_0}{V_0^{2/3}} \times \frac{\bar{X}}{U_r} \sqrt{1 + \Delta \bar{p}}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С момента начала взрыва и до начала вскрытия, то есть до начала движения ЛСК (t_v) давление растет как герметичном объеме. Это давление обычно задается с помощью подбора связей, удерживающих ЛСК. Затем, задаваясь величинами V_0 , ρ_n , U_r и σ , определяется параметр «В».

Таблица 1.

В	0,5	1	2	4	6,35	8	10	12	12,7	16	24,8	30	50
$\frac{\Delta P_{op}}{\Delta P_v}$	10	7	5	3,65	3	2,8	2,6	2,4	2,38	2,25	1,95	2,0	1,66

Из таблицы № 1 следует, что при низких значениях параметра «В» давление взрыва возрастает в разы и может превысить допускаемый уровень. Уменьшить давление открытия с помощью изменения устройства ЛСК можно двумя способами: 1-ый – уменьшить давление вскрытия; 2-ой – уменьшить произведение $\rho_{\Pi} \times X_0$. Уменьшение давления ΔP_v приведет к падению параметра «В», а следовательно, к увеличению отношения $\frac{\Delta P_{op}}{\Delta P_v}$, но рост этого

отношения не компенсирует уменьшение ΔP_v , и в результате ΔP_{0p} уменьшается. Пусть $V=4$ и $\Delta P_v=2$ кПа, а $\Delta P_{0p} = \Delta P_v \times (10)^3 = 2 \times 1,54^3 = 7,3$ кПа. Требуется уменьшить $\Delta P_{0p} \leq 5$ кПа. Если обеспечить давление вскрытия $\Delta P_v = 1$ кПа, то имеем $(1 + \theta_0)^3 = 5$, что соответствует «В»=2. Так как уменьшение ΔP_v в 2 раза уменьшает «В» в $2^{5/3} = 3,175$ раза, и чтобы привести параметр «В» к требуемому значению $V=2$ достаточно уменьшить произведение $\rho_n \times X_{0p}$ в 1,6 раза. Приведенные выше выкладки справедливы для постоянного объема и скорости горения.

Решение начиналось с нового отсчета времени $\bar{t}_1=0$ и нового отсчета смещения $X_1=0$. Начальная скорость ЛСК приравнивалась конечной скорости после прохождения ЛСК внутри проема. Решение велось до $\bar{X}_1=1$. В это время площадь истечения через боковую поверхность $S = X_1\Pi$ сравнивалась с площадью проема S_0 , и дальнейшее смещение ЛСК не приводило к увеличению площади истечения, поэтому переменная \bar{X}_1 фиксировалась на уровне $\bar{X}_1=1$. Из анализа системы следует, что появляются новые параметры кроме «В», которые определяют развитие процесса. Это $S_0/V_0^{2/3}$ - безразмерная максимальная площадь

истечения, $\bar{X}_0 = \frac{X_0\Pi}{S_0}$, безразмерная глубина установки ЛСК в проеме, которая определяет начальную скорость движения ЛСК на стадию сброса давления, $(\frac{P_0}{\Delta P_v})^{1/6}$ - слабо зависящая величина от давления вскрытия. Её можно объединить с безразмерной площадью истечения и с безразмерной скоростью горения $U_r / (\gamma \frac{P_0}{\rho_0})^{1/2}$. Скорость горения обычно неизвестна

заранее при аварийных взрывах, но в экспериментах ее можно варьировать, и, таким образом, прогнозировать возможные варианты развития реального взрыва. В таблице №2 представлены результаты численного решения системы при вариации различных исходных величин.

Таблица 2. Параметры взрыва при варьировании исходных величин

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Задано Вычислено	Исходные данные	$2\rho_n$	$2x_0$	$\Delta 2\Delta P_v$	$2U_r$	2Π	$2V_0$	$x_0 = 0,05$	$V=1000$ $S_0 = 15$ $\Pi = 15,5$	$\rho_n = 10$ $2U_r$	$\rho_n = 80$ $U_r = 0,95$
2	V	4	2	2	12,7	1	4	6,35	12	24,8	2	0,55
3	t_v сек	0,1095	0,1095	0,1095	0,138	0,55	0,1095	0,139	0,1095	0,274	0,55	0,082
4	t_{0p} сек	0,167	0,188	0,188	0,184	0,105	0,167	0,2	0,154	0,342	0,094	0,174
5	$\frac{\Delta t_1}{t_{0p}}$	0,13	0,16	0,09	0,1	-	0,06	0,14	0,25	0,15	0,36	-
6	$1+\theta_0$	1,54	1,71	1,71	1,335	1,91	1,54	1,44	1,34	1,25	1,71	2,12
7	ΔP_{0p} (кПа)	3,65	5	5	4,76	6,97	3,65	3,05	2,42	1,956	5	9,5
8	ΔP_1 (кПа)	4,39	6,245	5,6	5,5	-	4	3,75	3,52	2,48	8	-
9	ΔP_0 (кПа)	5,26	7,83	6,14	6,4	-	4,34	4,54	4,72	2,97	12,3	-
10	\bar{X}_0	0,39	0,39	0,78	0,39	0,39	0,78	0,31	0,123	0,156	0,39	0,39
11	$\frac{\partial \bar{x}_1}{\partial t_1}$	2,74	2,52	5,03	3,6	2,29	5,55	2,42	1,15	1,75	2,52	2,1

Во 2^й строке представлен параметр «В», в 3^{ей} время вскрытия t_v сек, разрушение связей удерживающих ЛСК. В 4^й строке время t_{0p} сек, начало истечения газов через проём, в 5^й строке безразмерное время от начала истечения до первого пика, отнесённое к времени t_{0p} , то

есть $\Delta \bar{t}_1 = \frac{t_1 - t_{op}}{t_{op}}$. В 6^й строке параметр определен $(1+\theta_0)$, то есть является производной величиной параметра «В». В строках представлены величины давления в момент открытия проема и давление первого пика ΔP_1 . В 9^й строке дается величина возможного давления взрыва в момент времени соответствующий первому пику в случае несрабатывания ЛСК. В 10^й строке дается безразмерная величина $\bar{X}_0 = \frac{X_0 \Pi}{S_0}$, которая наряду с параметром «В» определяет скорость ЛСК в момент выхода её из проема. Это величина определяет скорость открытия пространства для истечения газов (строка 11), следовательно, эффективность ЛСК.

Как отмечалось ранее уменьшение параметра «В» приводит к росту отношения $\frac{\Delta P_{op}}{\Delta P_v}$, то есть тем значительнее возрастает давление во время движения ЛСК проеме. Из этого следует что при одинаковых начальных давлениях вскрытия ΔP_{op} всегда будет тем больше, чем меньше параметр «В». Это обстоятельство иллюстрируется в таблице №1.

Анализ роста давления с момента начала истечения до формирования первого пика показывает, что важную роль в снижении давления на первом пике играет увеличение периметра проема «П» (столбец 7). Увеличение параметра «В» также снижает давление на первом пике. Однако это влияние относится только к абсолютному значению ΔP_1 (Строка 8, столбцы 2-4). Что касается относительного роста $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_{op}}$, то это отношение растёт с ростом «В» (в столбцах 2,3). Особую роль в формировании давления взрыва играет скорость горения. Бывает, что увеличение скорости горения U_r не приводит к формированию первого пика давления при условии $\bar{X} < 1$. Это означает, что увеличение площади горения приводит к тому, что площадь пламени достигает возможно максимального значения A_f раньше, чем проем откроется полностью (столбцы 6,12). Компенсировать это явление можно ростом параметра «В» за счёт уменьшения глубины установки ЛСК и/или массы ЛСК (столбцы 9,10). Другой вариант повышения эффективности ЛСК в этом случае компенсировать большую скорость горения – увеличить комплекс $\left(\frac{P_0}{\Delta P_v}\right)^{1/6} \left(\frac{P_0}{\rho_0}\right)^{1/2} \frac{S_0}{U_r V_0^{2/3}}$. Уменьшение давления вскрытия ΔP_v малоэффективно, из-за того что оно выбирается изначально минимальным. Кроме того, степень 1/6 исключает возможность сильно изменить ситуацию. Таким образом, остается вариант увеличения площади S_0 сверх определённой согласно (1) по 2^{му} пику давления. При увеличении площади S_0 появляется возможность увеличить периметр проемов, как за счёт изменение формы, так и за счёт увеличение их количества.

ВЫВОДЫ

Необходимо добиться минимального значения давления взрыва на 1^м пике. В первую очередь это достигается увеличением периметра проема без или с увеличением площади проемов. При увеличении площади проемов ради выполнения условия $\Delta P_1 < \Delta P_d$, условие безопасности на 2^м пике выполняется автоматически. При проведении расчётов предполагалось, что фронт пламени до 1^{го} пика имеет сферическую форму. Отклонение от этого положения можно подправлять сравнением с экспериментом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (строительство). М. МГСУ. 2001. - 42с.
2. Комаров А.А., Казеннов В.В., Гусев А.А., Громов Н.В. Критерий квазистатичности взрывного давления газопаровоздушных смесей в помещениях. Пожаровзрывобезопасность. 2015; 24(8):56–61.
3. Комаров А.А., Фан Т.А. Оценка влияния взрывных нагрузок на защитные ограждения сооружений. Материалы, конструкции и строительные технологии - MSC 2017, Ханой, –7 с.

4. Казеннов В.В. Динамические процессы дефлаграционного горения во взрывоопасных зданиях и помещениях. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М. МГСУ. 1997.
5. Расторгуев Б.С., Плотников А.И., Хуснутдинов Д.З. Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях. Ассоциация строительных вузов. М. 2007. -151с.
6. Шлег А.М. Определение параметров легкобрасываемых конструкций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. МГСУ. 2002. -201с.
7. Мишуев А.В., Казеннов В.В., Комаров А.А. Моделирование динамических нагрузок, действующих на строительные конструкции при аварийном взрыве газовоздушных смесей внутри здания. Пожаровзрывобезопасность. 1996. т.5. №1. С.34-40.
8. Комаров А.А. Расчет газодинамических характеристик потоков при аварийных дефлаграционных взрывах на наружных установках. Журнал «Пожаровзрывобезопасность», 2002г. т.11. №5. с.15-18.
9. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Корольченко А.Я. Определение величины и характера взрывных нагрузок при применении инерционных предохранительных конструкций. Пожаровзрывобезопасность. — 2015.— Т. 24, № 4. — С. 47–55.
10. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Ляпин А.В. Оптимизация требований к конструктивным и объемно-планировочным решениям при проектировании зданий и сооружений для взрывоопасных производств. Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 67–74.
11. Комаров А.А. Анализ процесса взрывного горения, сопровождавшего пожар на тополевой аллее. III международная научно-практическая конференция «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». Материалы конф. М.: Академия МЧС. 2014г. – 3 с.
12. Комаров А.А. Разрушения зданий при аварийных взрывах бытового газа Журнал "Пожаровзрывобезопасность". 2004. Т. 13. № 5. С. 15-23.
13. Громов Н.В. Совершенствование технической системы обеспечения взрывоустойчивости зданий различного типа при взрывах газопаровоздушных смесей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.МГСУ. 2007 – 134с.
14. Василенко В.В., Леликов Г.Д., Жердев К.В. Влияние растворов кислот на остаточную прочность страховочно-спасательных веревок // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 2. С. 38-44;
15. Поландов Ю.Х., Корольченко Д.А., Евич А.А. Условия возникновения пожара в помещении при газовом взрыве. Экспериментальные данные. Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020;29(1):9-21. <https://doi.org/10.18322/PVB.2020.29.01.9-21>
16. Стрельчук Н.А., Орлов Г.Г. Определение площади вышибных конструкций в зданиях взрывоопасных производств. Промышленное строительство. 1969. №6. 19-22
17. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А. Анализ причин взрывов горючих смесей внутри производственных зданий. Научное обозрение. — 2015. — № 12. — С. 119–123.
18. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Корольченко А.Я. Экономическая оценка эффективности применения предохранительных конструкций для обеспечения взрывоустойчивости зданий и сооружений. Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 6. — С. 51–57.
19. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А. Оценка степени интенсификации взрывного горения газовоздушной смеси. Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 5. — С. 62–67.
20. Поландов Ю.Х., Добриков С.А., Кукин Д.А. Результаты испытаний легкобрасываемых конструкций. Пожаровзрывобезопасность. 2017. №8. С.5-14. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.5-14.
21. Горев В.А., Пилюгин Л.П. и др. Расчет и проектирование предохранительных конструкций. Объекты гражданской обороны. Защитные сооружения : сб. научн. тр. — М. : ЦНИИПромзданий, 1991. — № 5.

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК КАК ИСТОЧНИК РАО НА СТАДИИ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И.А. Енговатов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, eng46@mail.ru

Аннотация

Наведенная активность материалов и конструкций радиационно-тепловой и биологической защиты ядерных установок в значительной степени определяет объемы, класс и категорию твердых радиоактивных отходов (РАО) на стадии вывода из эксплуатации. Основным компонентом радиационной защиты являются бетоны, представляющие сложные композиционные материалы, включающие в разных концентрациях большинство химических элементов периодической системы. На изотопах, так называемых активационно-опасных элементов, в результате ядерных реакций образуются радионуклиды, определяющие наведенную активность. Эти радионуклиды имеют значительно отличающиеся периоды полураспада и различные спектрально-энергетические характеристики излучения.

Для того, чтобы оценить объемы, категории и классы РАО образующихся при демонтаже радиационно-тепловой и биологической защиты ядерных установок в работе выполнен детальный совместный анализ временного и пространственного распределений по изотопной и суммарной наведенной активности защиты, выполненной из различных бетонов.

Полученные результаты показали ряд существенных особенностей при классификации РАО защитных бетонов. К ним в частности относятся:

- незначительные удельные активности трансурановых элементов, а также долгоживущих радионуклидов с периодом полураспада более 31 года, наличие которых в РАО определяет их отнесение к наиболее высоким классам по потенциальной опасности с наиболее жесткими ограничениями верхнего предела суммарной удельной активности всех радионуклидов;
- высокие значения удельной активности ^3H и ^{55}Fe при предельных значениях удельной активности 10^6 и 10^5 Бк/г, соответственно по критерию отнесения к РАО.

В то же время результаты расчетов доказали возможность значительного уменьшения объемов РАО путем управления сроком выдержки на стадии вывода из эксплуатации и оптимизации состава бетонов для биологической защиты на стадии проектирования ядерных установок нового поколения.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее известными и распространенными ядерными установками в настоящий момент являются атомные станции (АС), исследовательские реакторы (ИР) и ядерные медицинские установки (ЯМУ).

Спецификой данных установок является наличие в их составе устройств генерирующих потоки нейтронов, гамма-квантов, протонов и электронов. Такими устройствами могут быть ядерные реакторы и ускорители заряженных частиц. Для обеспечения безопасности населения, персонала, пациентов и окружающей среды на таких установках предполагается наличие защитных экранов - радиационной защиты, выполняемой в основном из бетонов различных видов и различной объемной массы. Необходимо отметить, что толщина бетонов защитных экранов может достигать нескольких метров.

Роль материалов и конструкций радиационной защиты в жизненном цикле ядерных установок

Радиационная защита, выполненная из различных бетонов, играет важную роль на ключевых стадиях жизненного цикла ядерных установок [1-4]. Из-за большой материалоемкости и конструктивной сложности возведения, на стадии сооружения

радиационная защита в значительной степени определяет стоимость установки. На стадии эксплуатации радиационная защита выполняет свою проектную функцию, обеспечивая безопасную работу установки в целом, а так же радиационную безопасность персонала, населения и окружающей среды. На заключительной стадии жизненного цикла выводе из эксплуатации выводе из эксплуатации работы, связанные с демонтажем материалов и конструкций радиационной защиты определяют в значительной степени [3,5] :

- дозовые затраты персонала;
- бъемы радиоактивных отходов, в основном низко активных и очень низкоактивных отходов;
- объемы промышленных отходов и материалов повторного использования.

Таким образом, общими специфическими радиационно-физическими характеристиками для бетонов радиационной защиты ядерных установок должны быть:

Высокая эффективность ослабления потоков нейтронов, гамма-квантов, протонов.

Низкие уровни наведенной активности.

Низкая стоимость бетонов.

В то же время каждая ядерная установка специфична по параметрам оптимизации при учете заключительной стадии вывода из эксплуатации. Так для АЭС радиационная защита должна иметь низкую активационную способность за счет минимизации содержания элементов, на изотопах которых образуются долгоживущие радионуклиды, поскольку работы по выводу из эксплуатации начнутся через длительный срок после окончательного останова реактора[5].. Это делает вклад короткоживущих радионуклидов минимальным. Как правило, демонтаж радиационной защиты даже по варианту немедленный демонтаж на блоках АЭС начнется не ранее чем 10 -20 лет после окончательного останова реактора.

Для исследовательских реакторов, которые используют в работе экспериментальные каналы, требуется учет коротко и среднеживущих радионуклидов, поскольку на стадии эксплуатации осуществляется перестройка экспериментальных каналов и эти работы должны проводиться в максимально короткие сроки.

Для медицинских ядерных установок проблема наведенной активности материалов радиационной защиты имеет еще более специфические черты. Так для обеспечения эффективности работы персоналу может требоваться его периодическое нахождение в экспериментальных залах, около установок и мишеней, ремонта, замены, отбора препаратов и т.д. Более того срок эксплуатации медицинских ускорителей как правило не более 10-15 лет. Все эти факты требуют решение задач по оптимизации выбора защитных бетонов ядерных медицинских установок, особенно при использовании различных видов и типов ускорителей. Необходимо также отметить, что резкое количественное увеличение ядерных медицинских установок, а так же увеличение энергии и тока, используемых для медицинских целей циклотронов, делает проблему активации защитных конструкций еще более актуальной[6,7].

Исходя из вышеизложенного материалы радиационной защиты ядерных установок (в основном защитные бетоны), являются основным источником радиоактивных отходов на стадии вывода из эксплуатации и представляют радиационно-экологическую опасность для персонала, населения и окружающей среды.

Основными параметрами оптимизации выбора защитных бетонов с учетом всех стадий жизненного цикла являются следующие :

- высокая защитная эффективность по отношению к первичному и вторичному излучению;
- низкая активация под действием нейтронного облучения;
- низкая мощность дозы гамма-излучения от активированных конструкций защиты;
- низкая стоимость;
- минимизация объемов радиоактивных отходов.

Значимость этих параметров различна для разных установок. Так если на АС для уменьшения уровней наведенной активности при можно использовать фактор времени, то

для ИР и ЯМУ, по указанным выше причинам, это менее применимо. Кроме того ЯМУ находятся в крупных городах и после окончания срока службы, активированные конструкции ускорителей и радиационной защиты, как источники РАО должны быть безопасно удалены в максимально короткие сроки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных показателей, определяющих активационные характеристики металлов и бетонов, является химический состав (включая *основные, примесные и следовые* элементы) [2].

При определении важности с точки зрения активационной опасности элементов исходили из следующих положений:

- распространенность элемента и материнского изотопа в природе
- сечение взаимодействия (активации) под действием нейтронов и протонов
- период полураспада образовавшегося радионуклида
- компонентно- энергетический состав излучения образовавшегося радионуклида.

Исходя из этих критериев, были выбраны элементы (включая основные, примесные и следовые) на изотопах которых в результате ядерных реакций образуются радионуклиды, удовлетворяющие вышеизложенным требованиям и критериям. Соответствующие данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Радиационно-физические характеристики важнейших радионуклидов, определяющих суммарную удельную активность защитных бетонов ядерных установок

№	Радионуклид	Реакция образования	Определяющий вид излучения	Период полураспада, T _{1/2}	Предельные значения удельной активности радионуклида, Бк/г
1	³ H	⁶ Li(n,α) ³ H	β	12,35 года	1.10 ⁶
	¹⁴ C	¹³ C(n,γ) ¹⁴ C	β	5730 лет	1.10 ⁴
	²² Na	²³ Na(n, γ)	β, γ	2,602 года	10
	⁴¹ Ca	⁴⁰ Ca(n,γ) ⁴¹ Ca	Auger, ce	1,03.10 ⁵ лет	
	⁴⁵ Ca	⁴⁴ Ca(n,γ) ⁴⁵ Ca	β, γ	163,8 суток	1.10 ⁴
	⁴⁶ Sc	⁴⁵ Sc(n,γ) ⁴⁶ Sc	β, γ	83,83 суток	10
	⁵⁴ Mn	⁵⁴ Fe(n,p) ⁵⁴ Mn	Auger, γ	312,12 суток	10
	⁵⁵ Fe	⁵⁴ Fe(n,γ) ⁵⁵ Fe	KX	2,73 года	1.10 ⁴
	⁵⁹ Fe	⁵⁸ Fe(n,γ) ⁵⁹ Fe	β, γ	44,529 суток	10
	⁵⁷ Co	⁵⁸ Ni(p,2n) ⁵⁷ Co	γ, ce	271 суток	1.10 ²
	⁵⁸ Co	⁵⁸ Ni(n,p) ⁵⁸ Co	β ⁺ , γ	70,8 суток	10
	⁶⁰ Co	⁵⁹ Co(n,γ) ⁶⁰ Co	β,γ	5,27 лет	10
	⁵⁹ Ni	⁵⁸ Ni(n,γ) ⁵⁹ Ni	KX, Auger	2,9.10 ⁵ лет	1.10 ⁴
	⁶³ Ni	⁶² Ni(n,γ) ⁶³ Ni	β	101,1 лет	1.10 ⁵
	⁶⁵ Zn	⁶⁴ Zn(n,γ) ⁶⁵ Zn	KX, γ	243,9 суток	10
	⁹⁴ Nb	⁹³ Nb(n,γ) ⁹⁴ Nb	β, γ	2,03 10 ⁴ лет	10
	⁹³ Mo	⁹² Mo(n,γ) ⁹³ Mo	KX, Auger	3,5. 10 ³ лет	1.10 ³
	^{110m} Ag	¹⁰⁹ Ag(n,γ) ^{110m} Ag	β, γ	249,7 суток	10
	¹²⁴ Sb	¹²³ Sb(n,γ) ¹²⁴ Sb	β, γ	60,2 суток	10
	¹³⁴ Cs	¹³³ Cs(n,γ) ¹³⁴ Cs	β, γ	2,065 лет	10
	¹³³ Ba	¹³² Ba(n,γ) ¹³³ Ba	γ, ce	10,535 лет	10
	¹⁵² Eu	¹⁵¹ Eu(n,γ) ¹⁵² Eu	β, γ	13,542 лет	10
	¹⁵⁴ Eu	¹⁵³ Eu(n,γ) ¹⁵⁴ Eu.	β, γ	8,592 лет	10
	¹⁸² Ta	¹⁸¹ Ta(n,γ) ¹⁸² Ta.	β, γ	115 суток	10
	²³³ U	²³² Th(n,γ) ²³³ U	α	1,58 10 ⁵ лет	10
	²³⁹ Pu	²³⁸ U(n,γ) ²³⁹ Pu	α	2,4 10 ⁴ лет	1

Как видно из табл. 1 нуклиды, определяющие наведенную активность бетонных защитных конструкций ядерных установок, имеют значительно отличающиеся периоды полураспада и

различные спектрально-энергетические характеристики излучения. Среди них присутствуют гамма - излучатели (дозообразующие радионуклиды ^{22}Na , ^{45}Ca , ^{46}Sc , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{94}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{133}Ba , ^{134}Cs , Eu-152 , Eu-154 , ^{182}Ta), чистые бета-излучатели (^3H , ^{14}C , ^{63}Ni), нуклиды, испускающие характеристическое излучение и электроны Ожэ (^{41}Ca , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{93}Mo), альфа-излучатели (^{233}U) трансурановые элементы (^{239}Pu).

Перечисленные радионуклиды будут определять суммарную наведенную активность бетонов радиационной защиты ядерных установок. Для учета важности радионуклида при определении категории и класса радиоактивных отходов в таблице 1 приведены предельные значения удельной активности радионуклида Бк/г для твердых радиоактивных отходов в соответствии с российским законодательством [8]. С этой точки зрения их влияние различно. Наиболее опасными являются дозообразующие радионуклиды. Влияние других радионуклидов (излучателей низко энергетических фотонов и бета-частиц) менее значительно. Радионуклид ^{41}Ca вообще не нормируется при определении категории РАО, поскольку его вклад в дозу пренебрежимо мал, хотя, как будет показано ниже, его удельная активность высокая. Эти факты следует принимать во внимание, когда в качестве РАО рассматриваются такие сложные композиционные материалы как бетоны радиационной защиты ядерных установок. Кроме того следует обратить внимание на влияние таких радионуклидов как ^{233}U и ^{239}Pu в виду их малого предельного содержания и больших периодов полураспада.

Таким образом, для достоверной оценки объемов, категории и класса РАО и для обоснования возможности и необходимости оптимизации выбора бетонов радиационной защиты с учетом стадий жизненного цикла ядерных установок проведен цикл исследований, включающий:

- расчеты удельной и суммарной активности радионуклидов в радиационной защите ядерных установок, выполненной из различных бетонов при временах облучения и временах выдержки, типичных для рассматриваемых ядерных установок ;
- распределение удельной и суммарной активности бетонов в зависимости от времени выдержки для радионуклидов, определяющих наведенную активность;
- вклад различных радионуклидов в суммарную наведенную активность бетонов в зависимости от времени выдержки;
- толщину активированного радиоактивного слоя для различных составов бетонов и категории радиоактивных отходов (РАО) в зависимости от времени выдержки в соответствии с классификацией [8].

Объектом исследования были материалы и радиационной защиты АЭС с реактором ВВЭР-1200, исследовательского реактора МБИР и медицинского циклотрона PETtrace880 с энергией протонов 20 МэВ.

Концентрации активационно-опасных элементов, на изотопах которых образуются радионуклиды получены из данных по содержанию элементов и химическому составу бетонов и их составляющих [1,2,5].

На рис.1 приведены распределения удельной и суммарной активности для бетонной радиационно-тепловой защиты АЭС с ВВЭР-1200, выполненной из серпентинита, Отметим, что такие результаты являются наиболее характерными для бетонов радиационной защиты АЭС.

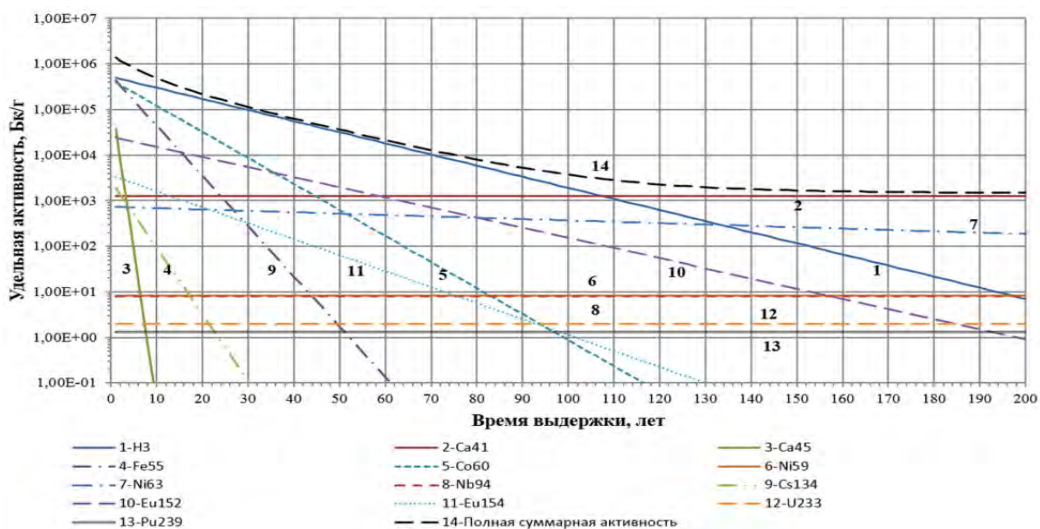


Рис.1. График спада удельной наведенной активности “сухой” защиты из серпентинита при времени облучения $T=60$ лет с увеличением времени выдержки t от 1 года до 200 лет

Элементы, на которых образуются долгоживущие радионуклиды, являются следовыми для бетонов, за исключением железа и кальция. Данные рис. 1 показывают, что вклад радионуклидов в суммарную наведенную активность в различные интервалы выдержки будет различным, поскольку их периоды полураспада изменяются в широких пределах от 2.73 года для ^{134}Cs до $1,58 \cdot 10^5$ лет для ^{233}U . При временах выдержки до 50-60 лет заметный вклад вносят такие радионуклиды, как ^3H , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{134}Cs , ^{41}Ca . При временах выдержки более 100 лет основной вклад в суммарную наведенную активность будут вносить бета-и альфа излучающие радионуклиды. Данные радионуклиды будут представлять радиационную опасность для персонала в качестве источников внутреннего и внешнего облучения при демонтаже, фрагментации и контейнеризации конструкций сухой защиты реактора.

Для конкретной бетонной радиационной защиты исследовательских реакторов и медицинских циклотронов нуклиды, определяющие наведенную активность, в основном аналогичны приведенным выше. Однако их вклад в суммарную удельную активность, в силу специфики указанных ядерных установок будет различным.

Также данный график показывает, дает возможность оценить пространственно-временное распределение удельной активности по толщине защиты и определить категорию РАО. Поскольку стоимость захоронения 1 м^3 РАО разных категорий существенно различается [9], с учетом того, что одни и те же активированные материалы бетонной защиты реактора в зависимости от времени выдержки на стадии вывода из эксплуатации будут относиться к разным категориям РАО, становится возможной существенная оптимизация экономических и дозовых затрат эксплуатирующих организаций на осуществление вывода из эксплуатации.

В настоящей работе расчеты проводились для бетонов радиационной защиты, в изотопном составе которых присутствуют как долгоживущие радионуклиды (согласно [8] – с периодом полураспада, превышающем 31 год) - Ca-41, Ni-59; Ni-63, Nb-94, так и трансурановые радионуклиды. Соответственно, для них установлены самые жесткие ограничения по УА для данных классов. В соответствии с данными, приведенными на рис.1, в состав РАО, образующихся при выводе из эксплуатации, войдут перечисленные ниже:

высокоактивные радиоактивные отходы, содержащие трансурановые радионуклиды (ВАО) и относящиеся ко второму классу (то есть подлежащие захоронению в пунктах глубинного захоронения радиоактивных отходов без предварительной выдержки в целях снижения их тепловыделения) с суммарной УА более 10^5 Бк/г;

среднеактивные долгоживущие радиоактивные отходы (САО-дж), содержащие

трансурановые радионуклиды и также относящиеся ко второму классу с суммарной УА от 10^2 до 10^5 Бк/г;

низкоактивные долгоживущие радиоактивные отходы (НАО-дж), содержащие радионуклиды с периодом полураспада более 31 года и трансурановые радионуклиды, относящиеся к третьему классу (то есть подлежащие захоронению в пунктах приповерхностного захоронения радиоактивных отходов, размещаемых на глубине до 100 метров) с суммарной УА от 10 до 10^2 Бк/г;

очень низкоактивные радиоактивные отходы (ОНРАО), содержащие трансурановые радионуклиды, относящиеся к четвертому классу (то есть подлежащие захоронению в пунктах приповерхностного захоронения радиоактивных отходов

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Долгоживущая наведенная активность бетонов радиационно-тепловой и биологической защиты ядерных установок определяется радионуклидами с различными радиационными характеристиками и образованными в основном на химических элементах, входящих в состав защитных бетонов в качестве примесных и следовых.

Отсутствие в расчетах наведенной активности данных по содержанию отдельных следовых элементов или некорректное определение их содержания в защитных материалах приводит к необходимости переоценки (из консервативных соображений) объемов РАО при выводе реакторных установок из эксплуатации. Это будет влиять на отнесение этих РАО к тому или иному классу по допустимому способу захоронения, значит – на стоимость захоронения, приведет к ошибкам в оценках требуемых объемов хранилищ. С другой стороны, отказ от консервативного подхода может в конечном итоге привести к недооценке радиационного воздействия РАО на персонал, население и окружающую среду.

Проведенные расчеты и примеры в основном доказывают возможность значительного уменьшения объемов РАО на стадии вывода из эксплуатации путем оптимизации состава бетонов биологической защиты ядерных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Енговатов И.А. Защитные бетоны для АЭС нового поколения. Вестник МГСУ. №8 2011 с. 320-325
2. John C. Evans, Elwood A. Lepel, Ronald W. Sundens, Charles W. Thomas, David E. Robertson. Long-lived activation products in Light-water Reactor Construction Materials: Implication for Decommissioning . In: Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle. 1988, V. 11(1), pp. 1-39.
3. Былкин Б.К., Енговатов И.А. Вывод из эксплуатации реакторных установок: монография (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ). – МГСУ, 2014. – 228 с.
4. Bylkin B.K., Kozhevnikov A.N., Engovatov I.A.. Selecting Concrete for Radiation Protection for New-Generation NPP. Atomic Energy p.436-441 DOI:10.1007/s10512-015-0020-8, Springer
5. Наведенная активность радиационной защиты в проблеме вывода из эксплуатации ядерных установок. Былкин Б.К., Енговатов И.А., Кожевников А.Н., Синюшин Д.К. «Ядерная и радиационная безопасность», 2017, №3 (85), с. 1-14.
6. Алиев И.А., Енговатов И.А., Лавданский П.А., Соловьев В.Н. Наведенная активность бетонной радиационной защиты каньонов циклотронов на стадии вывода из эксплуатации //Вестник МГСУ №10, 2014 с.106
7. Енговатов И.А. Электронное издание. Инженерный вестник Дона, №5 (2019) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5996. 10 с.
8. О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. N 1069 ("Собрание законодательства РФ", 29.10.2012, N 44, ст. 6017; 09.02.2015, N 6, ст. 974).
9. Иванов Е.А., Коротков А.С., Пырклов И.В. Радионуклидный вектор. Росэнергоатом. 2015. №1. С. 42-45.

ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО И ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ

Е.С. Кецко¹, В.И. Римшин²

¹Научно-исследовательский институт строительной физики, 127238, Россия, Москва, Локомотивный проезд, 21,

kuzzina@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

v.rimshin@niisf.ru

Аннотация

В статье рассмотрены этапы проведения инженерно-геодезических работ в рамках мониторинга деформационных процессов геодезическими методами при выполнении оценки влияния строящихся объектов на существующие здания и сооружения, разработаны конструктивные решения ограждений котлованов и подпорных стен на основе существующих инженерно-геологические и гидрогеологические условия оснований, проанализирована методика определения допустимых величин деформаций основания и конструкций, подземных инженерных коммуникаций, и проведена оценка точности измерений результатов, определена цикличность проведения работ по деформационному контролю, методика проведения работ по закладке пунктов опорной сети и деформационных марок, нивелированию, предложены новые решения по проведению геодезического мониторинга по наблюдению за кривизной подпорных стен (инклинометрические наблюдения). При разработке технических решений были учтены особенности проведения работ в действующих условиях, а именно, необходимость сохранности существующих сооружений, технологических трубопроводов и инженерных сетей различного назначения в целях обеспечения их нормальной эксплуатации и непрерывной работы.

Ключевые слова: деформационный и геотехнический мониторинг, метод линейно-угловых построений, геометрическое нивелирование, рекогносцировка, инклинометрические наблюдения, необходимость сохранности существующих сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Целями мониторинга деформационных процессов геодезическими методами являются обеспечение безопасности строительных работ и их эксплуатационной надежности, сохранение эксплуатационных качеств существующих зданий и сооружений окружающей застройки, сохранность экологической обстановки, получение объективной информации о деформациях, вычисление абсолютных и относительных величин перемещений, горизонтальных смещений и деформаций несущих конструкций зданий, сооружений и сравнение полученных величин с расчетными, выявление степени опасности деформаций и их влияния на надёжную эксплуатации существующих зданий и сооружений, принятия своевременных мер по предупреждению влияния деформаций на состояние зданий и сооружений, спецификация расчетных физико-механических характеристик грунтов, оценка воздействия нового строительства на окружающие здания и сооружения [4,7]. Мониторинг деформационных процессов геодезическими методами включает в себя систему наблюдений за перемещениями фундаментов зданий, надземными конструкциями существующих зданий и ограждающих конструкций котлована, анализ изменения технического состояния зданий и сооружений на время строительства и эксплуатации [2]. На основании анализа инженерно-геологических изысканий, гидрогеологических особенностей участка проектируемого строительства, конструктивных особенностей объекта нового строительства и результатов оценки влияния на здания и сооружения окружающей застройки установлено, что на рассматриваемом объекте в рамках геотехнического мониторинга целесообразно было

проводить наблюдения за вертикальными смещениями зданий и сооружений окружающей застройки, находящейся в зоне влияния нового строительства, наблюдения за осадками зданий и сооружений окружающей застройки выполнять методом геометрического нивелирования, наблюдения за горизонтальными перемещениями конструкций ограждений котлованов, наблюдения методом линейно-угловых построений, наблюдения за вертикальными смещениями вновь возводимых объектов, наблюдения за осадками зданий и сооружений методом геометрического нивелирования, наблюдение за перемещениями грунтовых масс существующего склона, наблюдения методом линейно-угловых построений, гидрологические наблюдения. Строительство было предусмотрено на территории существующей спланированной и благоустроенной застройки. Основное влияние на окружающую застройку оказывала предусмотренная проектом разработка общего котлована под сооружения [1]. Глубина котлована под строительство в заглубленной части около 10 м. Глубина заложения проектируемых технологических трубопроводов достигает 10 м. Заложение лотков технологических трубопроводов было значительно глубже фундаментов рядом существующих расположенных сооружений и технологических трубопроводов. Основной особенностью проведения работ в действующих условиях являлись необходимость сохранности существующих сооружений, технологических трубопроводов и инженерных сетей различного назначения в целях обеспечения их нормальной эксплуатации и непрерывной работы.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия оснований. Инженерно-геологические условия территории приняты по данным инженерно-геологических изысканий. При проведении обследования участка опасные инженерно-геологические процессы (эрозии, оползни, оврагообразование), которые могли бы негативно повлиять на устойчивость поверхностных и глубинных грунтовых массивов и отрицательно сказаться на эксплуатации сооружений, не обнаружены [2]. Территория строительства характеризуется как неопасная по степени проявления суффозионно-карстовых процессов. На участке строительства в зимний период в зоне сезонного промерзания грунтов происходит морозное пучение. Техногенные грунты по степени морозной пучинистости не классифицируются, однако, учитывая их неоднородный состав, рекомендовано предварительно рассматривать их как среднепучинистые. Пески средней крупности, залегающие в зоне сезонного промерзания, относятся к непучинистым. На период изысканий грунтовые воды вскрыты на глубине 5,9...14 м от поверхности рельефа. Горизонт безнапорный, приурочен к аллювиальным пескам, лежащим в основании техногенных грунтов. Источником питания водоносного горизонта являются, преимущественно, инфильтрация атмосферных осадков, а также утечки из водонесущих коммуникаций. Разгрузка горизонта осуществляется в дренажную систему города, в направлении понижения рельефа и в реки Москва. Исходя из оценки потенциальной подтопляемости при заглублении сооружений до 6 м территория относится к неподтопляемой, при заглублении сооружений 7...8 м территория относится к потенциально подтопляемой, при заглублении сооружений глубже 9 м территория относится к подтопленной. До разведанной глубины в геолого-литологическом разрезе принимают участие современные техногенные отложения, верхнечетвертичные аллювиальные отложения. С поверхности залегают техногенные насыпные грунты, состоящие из туго – и мягкопластичных суглинков и песков разной крупности, малой степени водонасыщения, с включениями щебня и строительного мусора. Отложения вскрыты во всех скважинах, мощность их на разных участках составляет от 0,6 м до 6,8 м. Насыпь слежавшаяся (возраст более 5 лет). Ниже располагается аллювиальные отложения, которые также встречены по всей территории, и представляют собой переслаивание суглинков и песков средней крупности. Максимальная вскрытая мощность слоя достигает 11,6 м.

Схема размещения геодезических знаков. Для проведения мониторинга с целью последующего определения осадок наблюдаемого здания были применены два вида геодезических знаков: исходные и деформационные. Исходные репера в необходимом количестве были установлены в цокольной части капитальных зданий за пределами зоны возможных деформаций от производства строительно-монтажных работ. Деформационные марки для определения вертикальных смещений (осадок), были установлены таким образом, что их расположение и количество позволило выявить любые возможные деформации. В качестве деформационных знаков были использованы металлических дюбелей длиной 70 мм, забиваемых горизонтально в цокольную часть стен зданий. Дюбеля были закреплены таким образом, чтобы была обеспечена возможность установки на них нивелирной рейки в вертикальном положении. На рисунке 1 представлена схема расположения деформационных (отражательных) марок, грунтовых реперов и скважин.

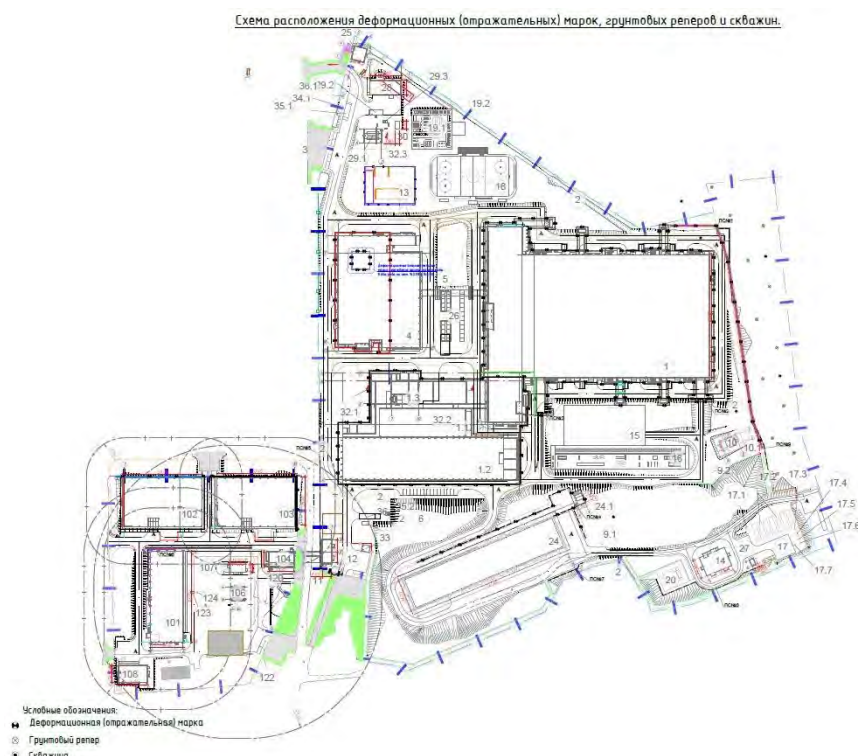


Рис. 1. Схема расположения деформационных (отражательных) марок, грунтовых реперов и скважин

Краткое описание конструктивных решений ограждений котлованов. Основное многофункциональное здание – сооружение по гп №. Для устройства подземной части здания разработан котлован глубиной до 7,0 м (абсолютная отметка дна 144.10...144.90 м). Разработку котлована было предусмотрено выполнять под защитой ограждения из труб $\varnothing 530 \times 8$ мм, погружаемых с шагом 900...1000 мм, локально с устройством деревянной забирки, локально, вдоль оси «45» и в осях «37-45/Ж», «37-45/СС» с устройством забирки из jet-элементов для исключения подмыва фундаментов проектируемых зданий протечками из прокладываемых вдоль оси «45» коммуникаций. Отметка верха труб ограждения переменная и 148.00...151.00 м. Трубы погружались способом вибропогружения, завинчивания или вдавливания. Трубы неизвлекаемые с заполнением тощим бетоном. Устойчивость ограждения котлована была обеспечена на части периметра (вдоль северной части) – заглублением труб ограждения ниже проектной отметки дна котлована на 6 м и устройством одного яруса преднапрягаемых анкеров; на части периметра (южная и восточная части) – заглублением труб ограждения ниже проектной отметки дна котлована минимум на 4 м; локально, в северо-восточном углу - заглублением труб ограждения ниже проектной отметки дна котлована на 6 м и устройством одного яруса распорной системы из металлических труб.

Склад хранения имущества управления со стрелковыми галереями (позиции №1.1...1.3 на ГП). Для устройства подземной части здания была разработана котлован глубиной до 8,3 м (абсолютная отметка дна 141.30...142.30 м). Разработка котлована была выполнена под защитой «стены в грунте» из буросекущихся свай Ø620 мм с шагом ~500 мм (перехлест не менее 120 мм). По верху сваи объединялись монолитной ж/б обвязочной балкой сечением 0,63x0,6(h) м. Перед устройством балки выполнена разборка форшахты и срубка верхнего слоя технологического бетона свай. Отметка верха труб свай составила 143.80...150.00 м. Устойчивость ограждения котлована обеспечена в основной части периметра заглублением ограждения ниже проектной отметки дна котлована на 6,0 м и устройством одного яруса преднапрягаемых анкеров; в осях «4-10/Ж-К» - заглублением ограждения ниже проектной отметки дна котлована на 6,0 м и устройством одного яруса распорно-подкосной системы. Распорки и подкосы были приняты в виде металлических труб Ø377x630 мм, упирающихся в ограждение котлована через распределительные балки. В пионерную фундаментную плиту распорки и подкосы опирались через закладные детали. Шаг распорок и подкосов составил ~6,0 м; в зоне соединения с основным многофункциональным зданием – заглублением ограждения ниже проектной отметки дна котлована на 2,5 м.

Здание физкультурно-оздоровительного комплекса (позиция № 4 на ГП). Для устройства подземной части здания вдоль основного периметра вдоль осей «1», «19», «А», «С» разработана котлован глубиной до 3,9 м (абсолютная отметка дна 147.65 м). Разработка котлована вдоль данных осей выполнена под защитой ограждения из труб Ø377x10 мм, погружаемых с шагом 900 мм. Отметка верха труб ограждения составила 151.00 м, отметка низа труб- 143.65 м. Трубы погружались способом вибропогружения, завинчивания или вдавливания. Трубы неизвлекаемые с заполнением тощим бетоном. Ограждение котлована работало по консольной схеме, высота консоли не превышала 3,35 м. По верху трубы объединены металлической балкой из швеллера 30П.

Ограждение котлована шахты. Для устройства подземной части здания был разработан котлован глубиной до 10,62 м (абсолютная отметка дна 137.03 м) от поверхности дна котлована проектируемого здания физкультурно-оздоровительного центра (147,65 м). В качестве временной ограждающей конструкции котлована было предусмотрено устройство «стены в грунте» из буросекущихся свай Ø620 мм шагом ~500 мм. По верху сваи объединены монолитной ж/б обвязочной балкой сечением 0,62x0,6(h) м. Отметка верха обвязочной балки составляла 147.15 м, отметка низа свай- 131.05 м. Устойчивость ограждения котлована обеспечена заглублением свай ниже проектной отметки дна котлована на 5,98 м и устройством двух ярусов распорной системы из металлических труб Ø426x10 мм, упирающихся в ограждение котлована через распределительные балки из двутавров 40Б2.

Паркинг 5-ти этажный – сооружение по ГП № 102. Для устройства подземной части здания был разработан котлован глубиной до 3,9 м от поверхности земли (абсолютная отметка дна котлована 147.10 м). Разработку котлована было предусмотрено выполнять преимущественно в естественных откосах; локально, со стороны существующего забора, под защитой ограждения из труб. Ограждение котлована выполнено вдоль оси «Ж» из металлических труб сечением Ø377x10 мм с шагом 900 мм. Трубы погружались способом вибропогружения, завинчивания или вдавливания. Трубы неизвлекаемые с заполнением цементным раствором. Ограждение котлована работало по консольной схеме, высота консоли не превышала 2,9 м. По верху трубы объединены металлической балкой из швеллера 30П. В остальной части периметра разработка котлована выполнена в естественных откосах. Откос защищён геотекстилем для исключения размыва его поверхности атмосферными осадками.

Паркинг 5-ти этажный – сооружение по ГП № 103. Для устройства подземной части здания был разработан котлован глубиной до 2,45 м от поверхности земли (абсолютная отметка дна котлована 146.55 м). Разработку котлована предусмотрено выполнять частично в

естественных откосах; частично, со стороны существующего забора, под защитой ограждения из труб. Ограждение котлована выполнено вдоль осей «Ж» и «10» из металлических труб сечением $\text{Ø}377 \times 10$ мм с шагом 1000 мм. Трубы погружались способом вибропогружения, завинчивания или вдавливания. Трубы неизвлекаемые с заполнением цементным раствором. Ограждение котлована работало по консольной схеме, высота консоли не превышала 2,45 м. По верху трубы объединены металлической балкой из швеллера 30П. В остальной части периметра разработка котлована выполнена в естественных откосах. Защита откоса была выполнена из геотекстиля для исключения размыва его поверхности атмосферными осадками.

Краткое описание конструктивных решений подпорных стен. В качестве подпорных сооружений вдоль комплексного склада предусмотрено устройство удерживающей стены из буросекующихся свай $\text{Ø}620$ мм. Сваи выполнены с поверхности земли со средним шагом ~ 500 мм (перехлест не менее 120 мм). Поверх свай установлена монолитная железобетонная обвязочная балка сечением $062 \times 0,6$ (h) м. Перед устройством балки была проведена разборка форшахты и срубка верхнего слоя технологического бетона свай. В рамках данной работы было предусмотрено устройство разделительной подпорной стены, которая разделяет площадку строительства и склон, из буросекующихся свай $\text{Ø}1000$ мм. Сваи выполнены с отметок поверхности земли с шагом 1,8 м. Длина несущих армированных свай составила 22,0...25,0 м, длина неармированных свай- «пустышек» – 15,0...18,0 м. Поверх свай выполнена монолитная железобетонная обвязочная балка высотой 1000 мм. Устройство обвязочной балки предшествовала срубка некондиционного бетона свай на величину $\sim 1,0$ м (уточняется по месту в зависимости от фактической высоты слоя некондиционного бетона). Обязательным условием является наличие на отметке низа обвязочной балки бетона, соответствующего показателям проектной прочности свай, что необходимо подтвердить результатами испытаний оголовков свай неразрушающими методами. Через каждые $\sim 25,0 \dots 30,0$ м обвязочную балку разделили деформационными швами. В составе обвязочной балки предусмотрено устройство железобетонной подпорной стенки переменной высоты для возможности выполнения планировки рельефа в соответствии с проектными отметками благоустройства.

Оценка влияния нового строительства. В соответствии с СП 22.13330.2011 для объектов нового строительства был проведён геотехнический прогноз. В соответствии с предварительно назначенной зоной влияния 4Н (где Н- глубина котлована) в данной программе предусмотрен мониторинг деформационных процессов геодезическими методами выходов подземных инженерных коммуникаций при их расположении в зоне влияния нового строительства, а также грунтовый массив, вмещающий подземные коммуникации [3].

Допустимые величины деформаций основания и конструкций, подземных инженерных коммуникаций и требования к точности измерений. Главными критериями к определению условий надёжной эксплуатации подземных инженерных коммуникаций считаются несущая способность коммуникаций и их стыковых соединений, их герметичность, а также герметичность обделки коллекторов, допустимые значений уклонов [4-5].

Методика определения осадок зданий. Высокоточные геодезические наблюдения за высотными смещениями деформационных марок, заложенных в стенах зданий, были выполнены методом геометрического нивелирования по методике II-го класса, которая обеспечивает необходимую точность получения осадок наблюдаемых объектов. По принятой методике нивелирования измерения осуществлены одним горизонтом в прямом и обратном направлениях. Нивелирных ход начал и закончен на одном и том же исходном репере. Количество станций в висячем ходе допущено не более двух. Число станций в замкнутом полигоне обеспечили необходимую точность определяемой величины осадки. Определение отметок деформационных марок относительно исходных реперов выполнено в относительной системе высот. Учитывая возможные вертикальные перемещения системы

исходных реперов, был предусмотрен контроль их устойчивости. При выполнении каждого цикла наблюдений осуществлено взаимное нивелирование реперов при двух горизонтах прибора. Эти измерения позволяют своевременно выявить осадку сместившегося репера и учесть её величину при определении осадок наблюдаемых объектов. Оценка качества измерений после выполнения замкнутого нивелирного хода будет осуществлена путем вычисления его невязки. Невязка в замкнутом ходе не должна превышать допустимой величины, определяемой по формуле:

$$F_{h \text{ доп}} = 0.5 \text{ мм } \sqrt{n} \quad (1)$$

где n - число станций в нивелирном ходе (полигоне).

Геодезический мониторинг по наблюдению за кривизной подпорных стен (инклинометрические наблюдения). Инклинометрические измерения выполняются в составе работ по геотехническому мониторингу. Система включает наблюдения за деформациями подпорной стены при помощи инклинометрических пластиковых труб заводского изготовления. Для труб инклинометрии была предусмотрена установка заглушек снизу и сверху. Инклинометрическая труба была привязана к элементам каркаса свай во избежание её всплытия при бетонировании. Длина трубы соответствовала глубине траншеи и выступала из обвязочной балки подпорной стены. Сверху труба инклинометра защищена стальным защитным кожухом из квадратной трубы 160x8 мм, который был установлен для обеспечения сохранности трубы в процессе строительно-монтажных работ и срезан после устройства обвязочной балки, не повреждая трубу инклинометра. Измерения в инклинометрических скважинах на данной площадке проведены с основным шагом 0,5-1,0 м по глубине. Деформации подпорной стены определяются относительно верха трубы, горизонтальное и высотное смещение которого определены геодезическими методами при каждом цикле наблюдений. Определение отклонения измерительной скважины от вертикали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях произведены при помощи инклинометра С-421. Угловые отклонения скважины пересчитаны в горизонтальные перемещения в соответствующей плоскости с учетом длины базы инклинометрического зонда и шага измерений. Частота инклинометрических измерений была предусмотрена не реже чем 2 раза в месяц. По результатам измерений для каждой скважины были построены графики изменения горизонтальных перемещений гор свай стены по ее глубине H .

$$\Gamma_{op} = f(H) n \quad (2)$$

Такой график позволил оценить наличие вдоль скважины зон с наибольшими горизонтальными перемещениями по ее глубине, которое качественно указывает на наличие зон неустойчивости в теле грунтового массива. В таблице 1 указаны максимальные допустимые значения деформаций для существующих рассматриваемых зданий и сооружений, существующих инженерных коммуникаций при проведении работ по геотехническому мониторингу.

Таблица 1. Максимальные допустимые деформации

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Величина
1	Относительная горизонтальная деформация растяжения*	ϵ_r	$0,5 \times 10^{-3}$
2	Наклон*	i_r	$0,5 \times 10^{-3}$
3	Радиус кривизны, км*	R_r	50
4	Перемещения, мм	s_r	4

*Для интервалов 7-10 м.

Допустимые дополнительные деформации для подземных коммуникаций приняты на основе нормативных документов с учетом типа, конструктивных особенностей, технического состояния и уровня ответственности коммуникаций.

Установленная цикличность проведения работ по измерениям деформаций. Количество деформационных марок, устанавливаемых на поверхности грунтового массива и выходах подземных коммуникаций – 64 марки. Период строительства составил 24 месяца. Периодичность наблюдений – 30 календарных дней. Количество циклов наблюдений – 24 цикла.

Методика проведения работ. Топографо-геодезическая изученность района работ, закладка пунктов опорной сети и деформационных марок. При производстве инженерно-геодезических работ должна быть принята система координат и высот, принятая на данной строительной площадке. В результате рекогносцировки на объекте, учитывая большую площадь застраиваемого участка, наличие препятствий, зону влияния строящегося объекта и требуемую точность выполнения работ, определения вертикальных перемещений выполнены методом геометрического нивелирования по программе II класса точности. [6-7] В районе работ необходимо было установить не менее четырех опорных реперов вне зоны влияния вновь строящегося объекта по типу грунтовых реперов или ственных марок. Деформационные марки для определения вертикальных перемещений должны быть установлены в местах, пригодных для сохранности на длительный период времени. Деформационные марки следует закладывать по всему наружному периметру через 6-12 м. В соответствии с рекомендуемой схемой измерений было закреплено 64 деформационные марки на выходах подземных коммуникаций и в грунтовом массиве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка результатов измерений. В комплекс работ по измерению деформаций зданий и сооружений были включены проверка полевых материалов, вычисление отметок деформационных марок, составление графиков и эпюр вертикальных смещений, составление схем сооружений с указанием линейных параметров. Обработка результатов измерений выполнена в объеме, обеспечивающем последующие определения: расчет точности измерений, выполненных в данном цикле, определение вертикальных смещений по деформационным маркам, закрепленным в фундаменте зданий и сооружений, определение скоростей вертикального смещения по наиболее характерным деформационным маркам в фундаменте здания, сравнение расчетных и наблюдаемых деформаций и оценка принятых критериев выполнения эксплуатационных требований, выводы с оценкой величины деформаций и их приближенности к критическим значениям[8]. Конструкции опорных реперов и деформационных марок приведены на рисунке 2.

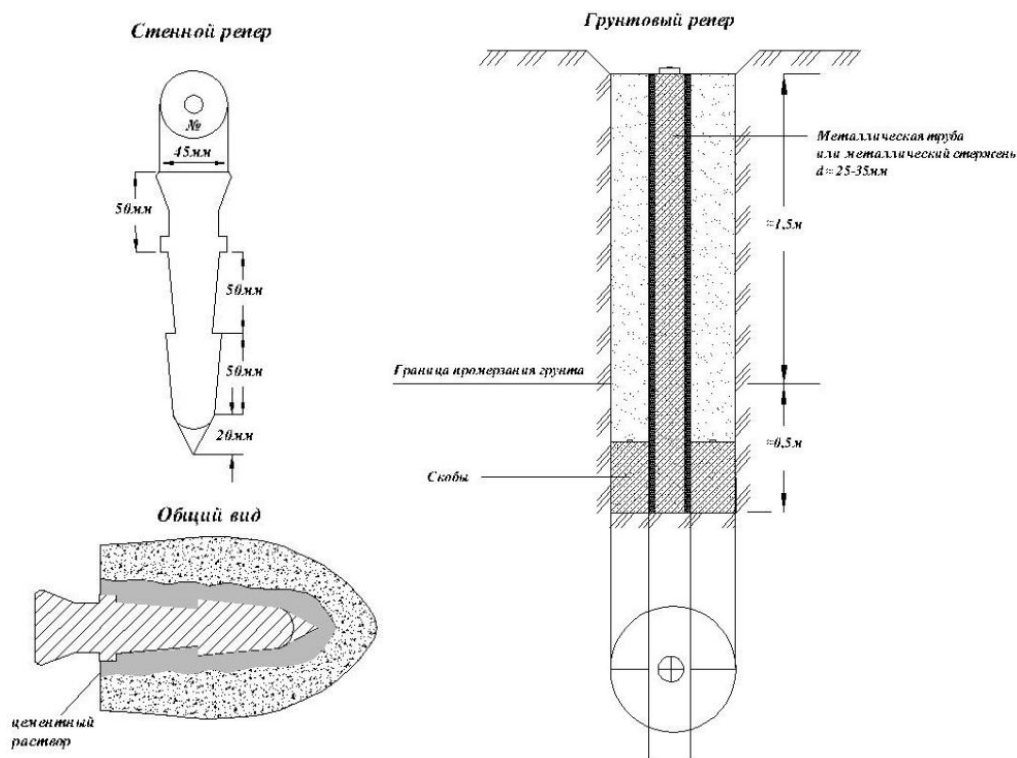


Рис.2. Конструкция опорных реперов и деформационных марок

ВЫВОДЫ

По результатам выполненных работ были разработаны конструктивные решения ограждений котлованов и подпорных стен на основе существующих инженерно-геологические и гидрогеологические условия оснований, проанализирована методика определения допустимых величин деформаций основания и конструкций, подземных инженерных коммуникаций, и проведена оценка точности измерений результатов, определена цикличность проведения работ по деформационному контролю, методика проведения работ по закладке пунктов опорной сети и деформационных марок, нивелированию, предложены новые решения по проведению геодезического мониторинга по наблюдению за кривизной подпорных стен (инклинометрические наблюдения). Разработка решений была проведена с учётом особенностей проведения работ в действующих условиях, к которым относятся необходимость сохранности существующих сооружений, технологических трубопроводов и инженерных сетей различного назначения в целях обеспечения их нормальной эксплуатации и непрерывной работы. К настоящему времени строительство завершено, объект сдан в эксплуатацию. Все требуемые действия по обеспечению безопасного строительства были выполнены, сооружения не получили повреждений. Таким образом, предложенные решения по геотехническому мониторингу и оценке влияния строительства, положенные в основу проектных решений, в полной мере показали свою эффективность [9-11]. Такой подход в условиях плотной застройки, насыщенной подземными сооружениями и инженерными коммуникациями, является перспективным. Своевременная оценка влияния нового строительства на окружающую застройку, геотехнический и деформационный мониторинг являются основанием для безопасного ведения строительных работ и последующей эксплуатации зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биндер И.О., Буренков Д.Б., Гринь Г.А., Мурзинцев П.П. Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3D моделирования // Геодезия и картография. 2011. № 4. С. 5-9. Режим доступа: <https://geocartography.ru/archive/2011-april> (дата обращения: 23.03.2020).

2. Болдырев Г.Г., Живаев А.А. Геотехнический мониторинг // Инженерные изыскания. 2013. № 10-11. С. 22-27. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-inzhenernye-izyskaniya-10-112013/?attach=2234 (дата обращения: 23.03.2020).
3. Васильев Ю.В., Юрьев М.Л., Яковлев С.И., Филатов А.В., Погодин П.В. Результаты мониторинга деформационных процессов методами высокоточной геодезии, гравиметрии, радарной интерферометрии на Самотлорском геодинамическом полигоне// Маркшейдерский вестник. 2015. № 4 (107). С. 38-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19410553> (дата обращения: 23.03.2020).
4. Вьет Н.Х. Вопросы оценки результатов геодезических наблюдений за деформационными процессами// Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 1-2 (55). С. 60-64. Режим доступа: <https://research-journal.org/earth/voprosy-ocenki-rezultatov-geodezicheskix-nablyudenij-za-deformacionnymi-processami/> (дата обращения: 23.03.2020).
5. Запаров М.Р., Альжигитова М.М., Кулагин В.В., Кашибаева А.Т. Инженерно-геологические изыскания и расчет устойчивости основания при модернизации и реконструкции нефтеперерабатывающего завода// В сборнике: Прорывные научные исследования как двигатель науки нового времени сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 14-17. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27307725> (дата обращения: 24.03.2020).
6. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности геотехнического мониторинга уникальных зданий и сооружений// Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (26). С. 147-154. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-geotehnicheskogo-monitoringa-unikalnyh-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 24.03.2020).
7. Сергеев Ю.Д. Организация процесса исследования влияния строящегося здания на технико-эксплуатационное состояние существующего объекта// Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2015. № 3 (20). С. 45-53. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27658432> (дата обращения: 23.03.2020).
8. Федотов Н.С. Повышение точности геометрического нивелирования при наблюдении осадок в цехах ГРЭС// Современный ученый. 2017. № 5. С. 16-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30542602> (дата обращения: 24.03.2020).
9. Царева О.С. Определение относительных деформаций по изменениям расстояний между деформационными марками// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 5. С. 29-37. Режим доступа: http://www.seismic-safety.ru/sites/default/files/ssbs-2018-05_tsareva.pdf (дата обращения: 24.03.2020).
10. Шашкин А.Г. Основы геотехнического мониторинга Инженерные изыскания. 2013. № 10-11. С. 18-21. Режим доступа: https://www.studmed.ru/inzhenernye-izyskaniya-2013-10-11_58c80153f84.html (дата обращения: 24.03.2020).
11. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Желтко Ч.Н. Определение координат точек электронным тахеометром для мониторинга сооружения// Вестник КРСУ. 2017. Том 17. № 1. С. 174-176. Режим доступа: <https://krsu.edu.kg/vestnik/2017/v1/a40.pdf> (дата обращения: 23.03.2020).

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА ЖИДКОСТЕЙ

А.А. Комаров

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, komarova@mgisu.ru

Аннотация

В статье рассмотрен гидравлический расчет процесса растекания аварийного пролива опасных жидкостей. Актуальность данного вопроса связана с тем, что при аварийных разливах жидкостей характерный размер зеркала пролива является одним из основных параметров, характеризующих опасность аварии. При проливе ядовитых веществ происходит испарение жидкости с зеркала пролива, что приводит к заражению местности, а при проливе горючих жидкостей ее испарение с зеркала пролива приводит к аварийному взрыву, который впоследствии сопровождается факельным горением. Поэтому для определения последствий подобных аварий и разработки технических мероприятий по минимизации ущерба и ликвидации последствий аварии необходимо располагать данными о динамических параметрах зеркала пролива, которое формируется в результате аварии. Имеющиеся нормативы по расчетам максимальных параметров зеркала пролива не могут быть применены к проливам значительных объемов [1-3]. Связано это с тем, что в их основу положена ламинарная модель растекания жидкости, которая ориентирована на незначительные объемы пролива. Соответственно методология нормативов [1-3] подтверждается только экспериментами, связанными с проливами малых объемов жидкости. Хотя для практики наибольший интерес представляют именно проливы больших объемов жидкости.

В статье в качестве примера рассмотрен расчет растекания аварийного выброса топлива, который может реализоваться при крушении тяжелого коммерческого самолета. Полученные в результате расчета динамические параметры зеркала пролива позволяют определить последствия подобных аварий. При гидродинамических расчетах использовался численный метод, основанный на интегральных уравнениях законов сохранения. Используемый метод известен, как метод Годунова [4]. Он основан на распаде произвольного разрыва [4-7] и позволяет проводить расчет распространения жидкости по «сухому» руслу [6-10].

В статье показано, что при разливе значительных объемов жидкости толщина пролива будет составлять не менее 4-5 см, что значительно превышает значения, полученные при использовании нормативных документов [1-3]. Следовательно размеры зеркала пролива, которые определяют последствия аварии, будут существенно меньше. Анализ результатов расчета показал, что различные преграды, препятствующие растеканию жидкости и всегда присутствующие на месте аварии, не оказывают значительного влияния на процесс разлива при условии, что они имеют размеры, сопоставимые с характерным размером зеркала пролива. Поэтому они практически не влияют на размеры факельного горения, которое сопровождает аварию, и мало влияют на возникающие при аварии тепловые нагрузки.

При аварийных разливах жидкостей одним из параметров, характеризующих их опасность, является характерный размер зеркала пролива, с которого происходит последующее испарение жидкости, что приводит к заражению местности (при проливе ядовитых веществ) или взрыву и последующему факельному горению (при проливе горючих жидкостей). При этом поражающие факторы аварийного разлива жидкости зависят от характерного размера зеркала пролива. Поэтому для выработки мероприятий по ликвидации последствий такого рода аварий необходимо знать максимальные размеры зеркала пролива, которое может сформироваться при аварии.

Рассмотрим данную задачу на примере аварийного пролива топлива, что является достаточно распространенным сценарием развития аварии.

При анализе и прогнозировании последствий аварийных ситуациях, связанных с проливами значительных объемов топлива, являющегося легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ), необходимо оценить максимальную площадь зеркала пролива, что позволяет определить взрывные и тепловые нагрузки, которые могут возникнуть при аварийном разлиии топлива. В [1] рекомендуется использовать следующее соотношение для определения площади пролива:

$$F = W_f \cdot f, \quad (1)$$

где F - площадь зеркала пролива, м^2 ; W_f - объем пролива, м^3 ; f - коэффициент разлития, м^{-1} , принимаемый $f=5\text{м}^{-1}$ при проливе на неспланированную грунтовую поверхность, $f=20\text{м}^{-1}$ при проливе на спланированное грунтовое покрытие, $f=150\text{м}^{-1}$ при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие.

Таким образом, в [1] предполагается, что толщина пролива составляет $d=1/f=20\text{см}$ для первого случая - пролив на неспланированную грунтовую поверхность; $d=5\text{см}$ для второго случая - пролив на спланированное грунтовое покрытие и $d=0.667\text{см}$ при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие.

В [2] рекомендуется принимать, что при проливе 1 литра ЛВЖ площадь зеркала пролива составит 1м^2 . Поэтому численное значение коэффициента разлития в [2] принимается равным $f=1000\text{м}^{-1}$, т.е. предполагается, что толщина пролива составляет $d=1/f=0.1\text{см}$ или $d=1\text{мм}$.

При проливах значительного объема ЛВЖ использование приведенных в [1,2] рекомендаций вызывает ряд вопросов. Например, следуя рекомендациям [1], при аварийном разлиии на бетонное основание 245м^3 топлива (запас топлива тяжелого самолета) площадь зеркала пролива составит 36750м^2 при диаметре пролива 216м , а, исходя из рекомендаций [2], получаем, что площадь зеркала пролива составит 245000м^2 при диаметре пролива 559м . Полученные значения параметров зеркала пролива предполагают значительное время его формирования, которое необходимо для растекания выброса ЛВЖ до состояния, когда толщина пролива составит 0.667см (следуя [1]) или 0.1см (следуя [2]).

При аварийных ситуациях, связанных с проливом значительных объемов топлива, время от начала формирования зеркала пролива до его воспламенения относительно мало. Поэтому для определения параметров взрыва и последующего факельного горения, которые зависят от размеров зеркала пролива, необходимо рассмотреть гидравлическую задачу о растекании жидкости по плоской поверхности с заданным гидравлическим сопротивлением. При этом движение жидкости происходит по «сухому» руслу, что несколько осложняет задачу.

Для расчета параметров растекания топлива будем использовать численный метод, основанный на численном интегрировании уравнений сохранения, что позволяет проводить расчет распространения жидкости по «сухому» руслу.

В основу численного метода положен известный метод Годунова [3], основанный на распаде произвольного разрыва. Метод Годунова с успехом применяется при расчетах распространения воздушных ударных волн и нестационарных потоков газа с начальными и граничными условиями, содержащими разрывы. Общее исследование вопроса распада произвольного разрыва излагается во всех крупных курсах по механике сплошной среды (например, [4,5]). Применительно к расчету волновых потоков жидкости со свободной поверхностью используемый нами метод подробно описан в [6,7,8,9].

Задача о распаде произвольного разрыва применительно к жидкости со свободной поверхностью сводится к системе нелинейных уравнений относительно глубины потока и скорости жидкости в точке распада разрыва. Данные величины определяют потоки массы и импульса, которыми обмениваются соседние расчетные ячейки.

Расчет глубины потока и скорости жидкости для следующего момента времени производится через значения глубины и скорости для предыдущего момента времени по явной разностной схеме, аппроксимирующей систему уравнений сохранения.

Рассмотрим результаты численного расчета процесса растекания аварийного выброса топлива с начальным объемом 240 м^3 .

В расчетах принято, что из тяжелого коммерческого самолета (типа Airbus A380) мгновенно было выброшено на бетонное основание 240 м^3 топлива, начальная площадь пролива составляла 100 м^2 , высота пролива 2.4 м . На рисунке 1 (фигуры 1 и 2) приведены мгновенные положения свободной поверхности пролива через 30 и 60 секунд. Для наглядности на приведенных рисунках в масштабе осей X и Y изображены самолеты Airbus A380. Масштаб оси Z значительно увеличен (диапазон изменения глубины пролива от 0 до 20см), т.к. толщина (глубина) пролива достаточно быстро (в течении минуты) уменьшается за счет растекания топлива до 10см.

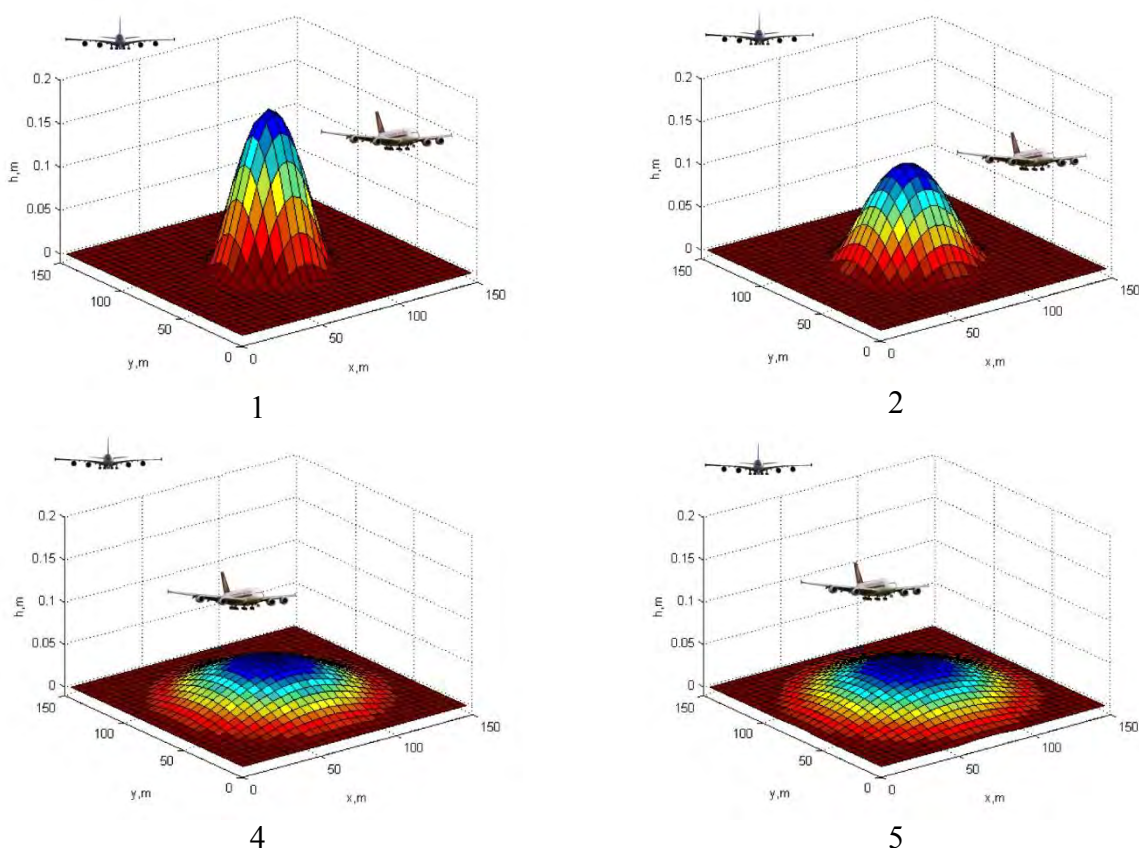


Рис.1. Мгновенные профили пролива

1 – через 30 секунд после аварийного выброса топлива; 2 – через 60 секунд;

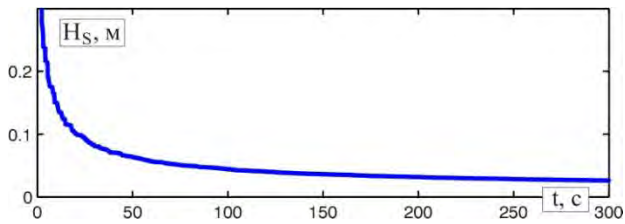
3 - через 240 секунд (4 минуты);

4 - через 300 секунд (5 минут) после аварийного выброса топлива

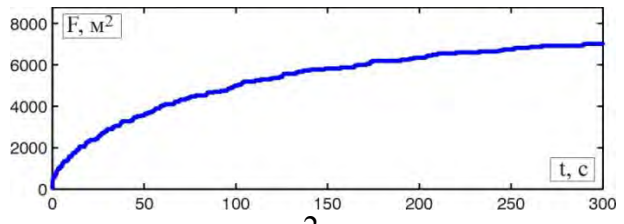
С уменьшением толщины (глубины) пролива темп растекания значительно замедляется, что иллюстрируют фигуры 3 и 4 рисунка 1, где приведены мгновенные положения свободной поверхности пролива через 4 и 5 минут после его аварийного выброса.

На рисунке 2 приведены временные зависимости параметров пролива: его средняя толщина (глубина); площадь пролива и его эквивалентный диаметр, который находится, исходя из площади пролива.

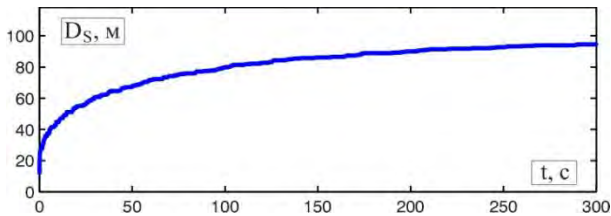
Из рисунка 2 видно, что темп растекания пролива значительно замедляется при толщине пролива, меньшей 4-5см. Связано это с тем, что свободная поверхность пролива приближается к горизонтальной поверхности и гидравлический уклон стремится к нулю.



1



2



3

Рис. 2. Зависимости от времени параметров пролива:

- 1 – средней глубины пролива;
- 2 – площади пролива;
- 3 – эквивалентный диаметр пролива

Это иллюстрирует рисунок 3, где приведены временные зависимости толщины (глубины) пролива в трех точках: точка 1 расположена на расстоянии 10м от центра пролива, точка 2 на расстоянии 20м и точка 3 на расстоянии 30м от центра начального положения пролива.

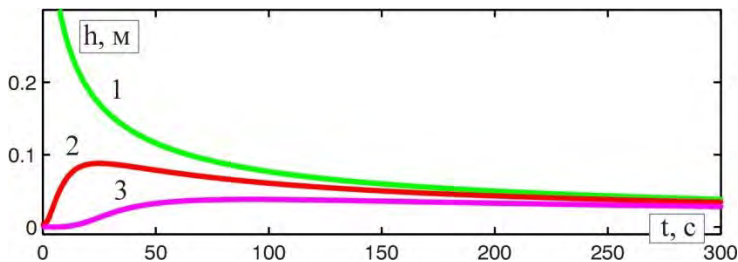


Рис. 3. Временные зависимости глубины пролива в трех точках.

- 1 - в 10м; 2 - в 20м;
- 3 - в 30м от центра пролива

Из рисунка 3 видно, что глубина пролива постепенно выравнивается и стремится к величине 3-4см, значение которой определяется гидравлическими параметрами поверхности, на которую произошло разлитие топлива.

В большинстве аварий, связанных с аварийным проливом горючих веществ, их воспламенение происходит практически сразу после выброса. Поэтому рассмотрим ситуацию, когда воспламенение топлива происходит сразу после падения самолета. Воспламенение пролива приводит к постепенному выгоранию топлива со скоростью $0.75 \cdot 10^{-4}$ м/с [10].

На рисунке 4 приведены изолинии равных глубин (толщин) пролива для четырех моментов времени начальной стадии формирования пролива, сопровождаемого горением.

Изолинии соответствуют следующим глубинам пролива: 1см; 2см; 3см; 4см; 5см; 7.5см; 10см. Внешняя изолиния соответствует глубине 1см, далее происходит возрастание глубины, поэтому следующая изолиния соответствует глубине 2см, потом 3см и т.д. На рисунке 4 приведены вектора скорости потока. На фигуре 4 рисунка 4 для наглядности в масштабе изображен самолет Airbus A380.

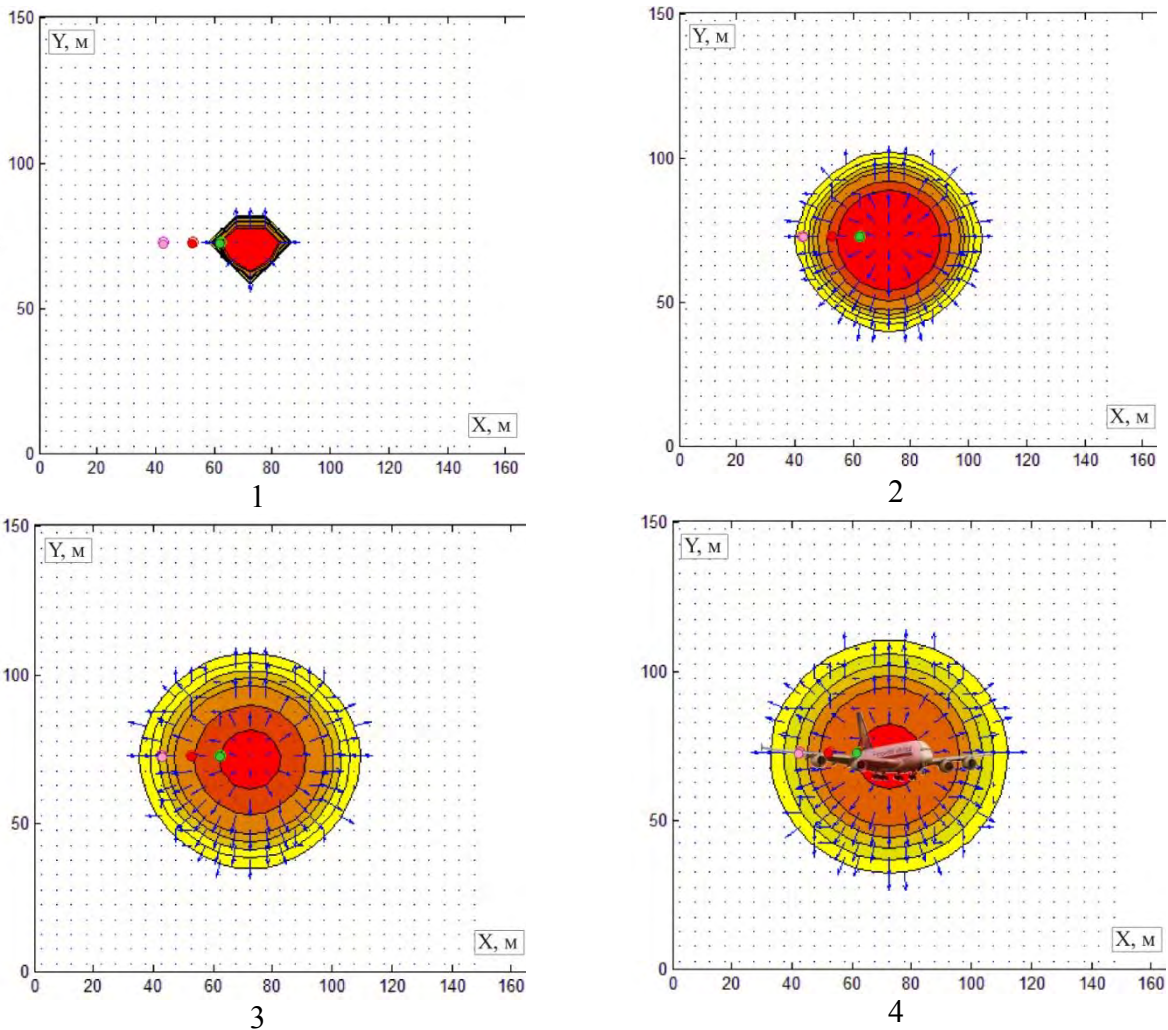


Рис. 4. Изолинии равных глубин пролива

1 – начальное положение пролива; 2 – через 30 секунд после аварийного выброса топлива;
3 – через 60 секунд; 4 - через 90 секунд после аварийного выброса топлива

На рисунке 5 приведены временные зависимости параметров пролива: его средняя толщина (глубина); площадь пролива и его эквивалентный диаметр, который находится, исходя из площади пролива.

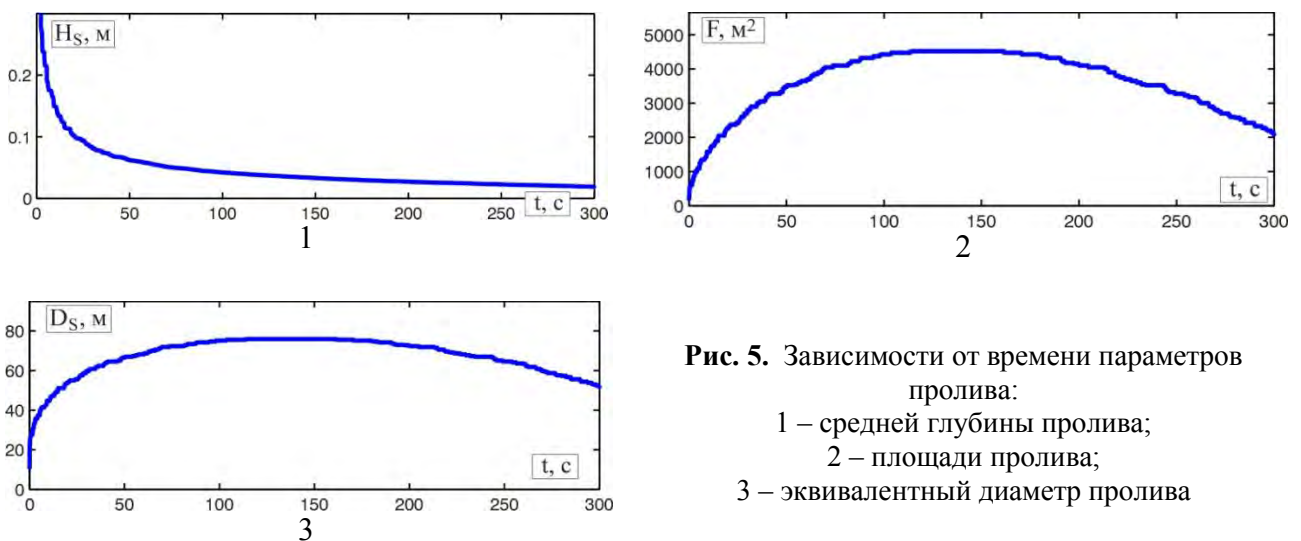


Рис. 5. Зависимости от времени параметров пролива:

1 – средней глубины пролива;
2 – площади пролива;
3 – эквивалентный диаметр пролива

Из рисунка 5 видно, что, начиная со второй минуты, процесс растекания пролива полностью компенсируется выгоранием топлива, и зеркало горящего пролива начинает уменьшаться. Расчеты, приведенные на рисунке 5, позволяют говорить, что максимальный линейный размер горящего пролива топлива при аварийном падении самолета составит не более 70м (см. фигуру 3 рисунка 5).

В заключение рассмотрим влияние препятствий на процесс растекания пролива. В нашем случае в качестве препятствий могут выступать фрагменты самолета. Учитывая, что толщина пролива достаточно мала, наличие преград может существенно исказить процесс формирования пролива и размеры факельного горения.

На рисунке 6 приведены изолинии равных глубин (толщин) пролива для четырех моментов времени, описывающих ситуацию, когда на месте аварии имеется два крупных фрагмента, которые препятствуют разлитию топлива.

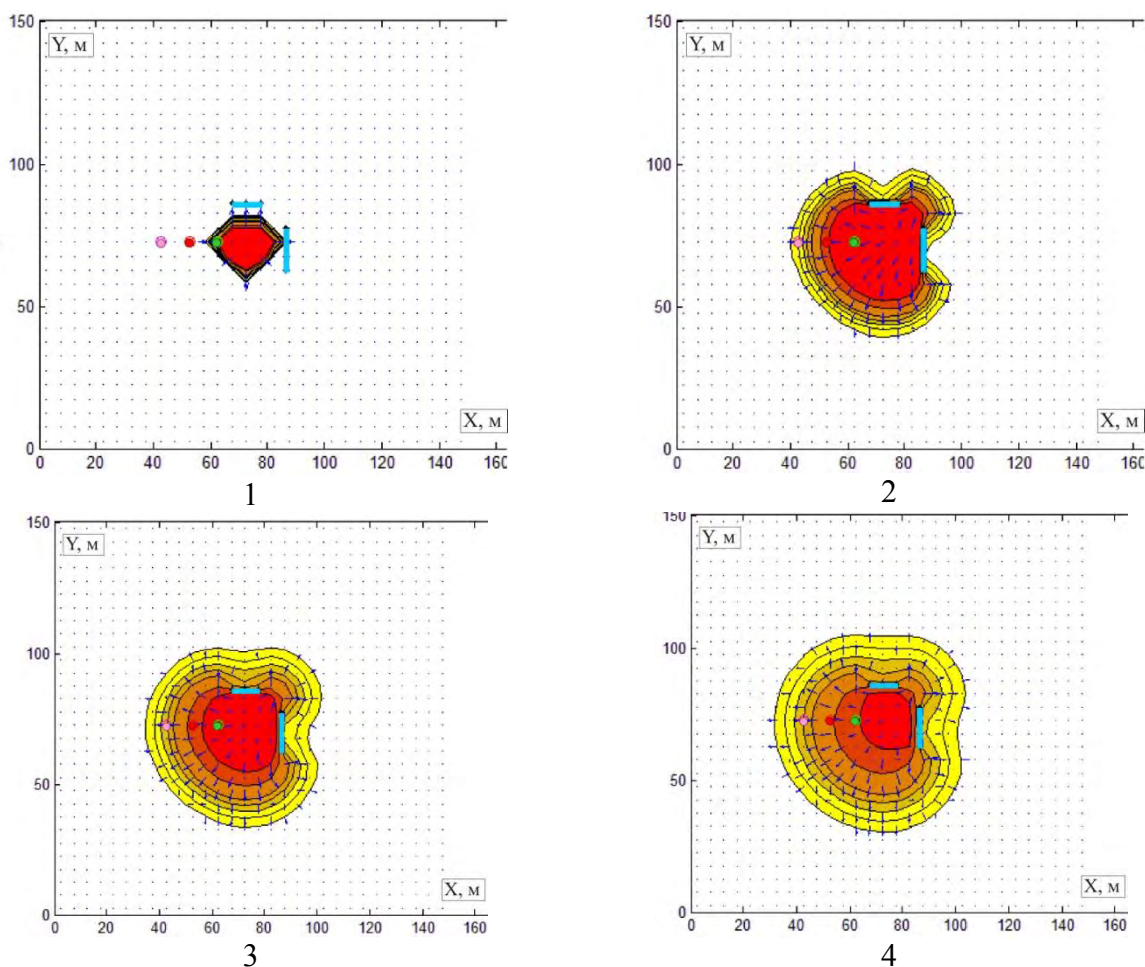


Рис. 6. Изолинии равных глубин пролива

1 – начальное положение пролива; 2 – через 30 секунд после аварийного выброса топлива;
3 – через 60 секунд; 4 - через 90 секунд после аварийного выброса топлива

Изолинии соответствуют следующим глубинам пролива: 1см; 2см; 3см; 4см; 5см; 7.5см; 10см. Внешняя изолиния соответствует глубине 1см, следующая изолиния соответствует глубине 2см, потом 3см и т.д.

Сравнение рисунка 6 с данными, приведенными на рисунке 4, говорит о незначительном влиянии препятствий, имеющих размеры, сопоставимые с проливом, на процесс его формирования и, соответственно, на факельное горение.

Данную мысль подтверждает рисунок 7, где приведены временные зависимости параметров пролива: его средняя толщина (глубина); площадь пролива и его эквивалентный диаметр, который находится, исходя из площади пролива.

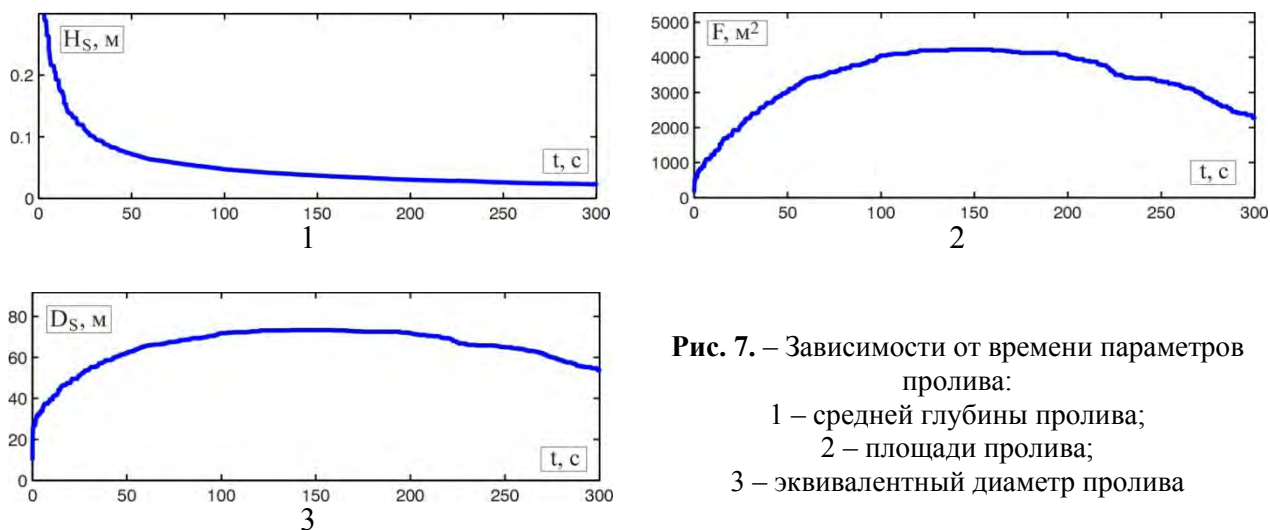


Рис. 7. – Зависимости от времени параметров пролива:
 1 – средней глубины пролива;
 2 – площади пролива;
 3 – эквивалентный диаметр пролива

Из сравнения рисунка 7 с рисунком 5 видно, что препятствия, имеющие размеры, сопоставимые с проливом, практически не влияют на процесс формирования пролива и мало влияют на факельное горение.

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены общие принципы гидравлического расчета динамических параметров аварийного разлива опасных жидкостей.

Приведен пример расчета динамических параметров аварийного пролива топлива, происшедшего при крушении тяжелого коммерческого самолета, что позволяет определить последствия подобных аварий.

Показано, что при аварийном проливе значительных объемов жидкости толщина разлива будет не менее 4-5см, что существенно больше значений, рекомендуемых нормативными документами. Соответственно и реальные размеры зеркала пролива будут значительно меньше.

Показано, что различные препятствия, присутствующие на месте аварии и имеющие размеры, сопоставимые с проливом, практически не влияют на процесс его формирования зеркала пролива и, соответственно, не влияют на факельное горение, сопровождающее аварию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (Зарегистрировано в Минюсте России 17.08.2009 № 14541).
2. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ «Пожарная безопасность технологических процессов». – М.: Гостандарт России. – 85 с.
4. Годунов С.К. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. 400 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Теоретическая физика: Т.VI. (3-е изд., перераб.-М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986.- 736 с.
6. Комаров А.А. Определение зон затопления при разрушении напорных гидротехнических сооружений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. МГСУ (МИСИ). М.:1994. С.17.

7. Комаров А.А. Расчет параметров волн прорыва, основанный на распаде произвольного разрыва. «Гидротехническое строительство», №7, М.: 1994. С.8-10.
8. Комаров А.А. Определение вероятных зон затопления при разрушении напорных гидротехнических сооружений. «Водное хозяйство, порты, и портовые сооружения, объекты строительства на шельфе», сборник трудов МГСУ, М.: 1999. С.25-38.
9. Комаров А.А., Казеннов В.В. Анализ опасности гидротехнических сооружений, расположенных в черте города. Журнал «Гидротехническое строительство». –2014г.– №10, – С.18–22.
10. Мишуев А.А., Комаров А.А., Гусев А.А. Методы расчета параметров волн прорыва, возникающих при разрушении напорных гидротехнических сооружений. Международный симпозиум. Гидравлические и гидрологические аспекты надежности и безопасности гидротехнических сооружений. Тезисы докладов. ВНИИГ, Санкт-Петербург, 29мая-2июня 2002г. С.126.

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОГО СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВНОЙ АВАРИИ

А.А. Комаров, Н.В. Громов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, komarova@mgstu.ru

Аннотация

В докладе приводится расчетный метод, позволяющий по последствиям реальной взрывной аварии, определить наиболее вероятный сценарий ее развития. Актуальность возникновения подобного вопроса связана с тем, что лица, проводящие расследование причин и последствий взрывных аварий, часто не обладают необходимыми знаниями в области нестационарной газодинамики и физике дефлаграционного взрыва, что не позволяет им адекватно принимать решения. Связано это с тем, что аварийный взрыв протекает достаточно быстро, поэтому опыт в этой области (даже на бытовом уровне) у большинства людей отсутствует.

Для обоснования наиболее вероятного сценария развития взрывной аварии нами были проведены определенные расчеты, результаты которых приведены в докладе. Расчеты проводились по численной схеме, основанной на распаде произвольного разрыва, позволяющей численно моделировать разрывные течения с объемным притоком энергии (тепла) [1-3]. Результаты расчетов подтверждают принятую нами версию развития взрывной аварии, которая говорит, что основной причиной взрывной аварии явилась утечка пропана из газового баллона, который в технологических целях используется на предприятии. При расчетах в докладе выделены четыре стадии развития аварии: разрыв баллона, сопровождаемый характерным звуком (физический взрыв); выброс из баллона в окружающее пространство перегретой жидкости (в виде пара и мелких капель); взрывное горение газоздушнoй смеси, которая формируется вокруг струи выброса; огневой шторм, возникающий в помещении на последней стадии развития аварии [3-6].

Выполненные численные расчеты показали, что расчетное давление взрыва в помещении соответствует разрушениям, которые были зафиксированы после аварии, а тепловые нагрузки, возникшие на последней стадии развития аварии, соответствуют термическим поражениям (ожогам), полученным потерпевшими при аварийном взрыве.

Сравнение результатов расчета с последствиями аварии позволяют говорить о том, что авария развивалась по принятому в расчетах сценарию. Имеющаяся нормативная база не позволяет проводить подобных расчетов и оценок [7-9].

Поводом для написания настоящей статьи послужило обращение в НТЦ «Взрывоустойчивость» представителей организации с просьбой помочь разобраться в причине и сценарии развития аварии, происшедшей на их объекте.

Опуская некоторые детали дела, скажем, что при определении причин возникновения аварийной ситуации, сопровождавшейся взрывом и значительным пожаром, будем в качестве возможного источника взрывного горения рассматривать вариант взрыва и горения пропана, появление которого вызвано аварийной разгерметизацией баллона, имевшегося в рассматриваемом помещении. Связано это с тем, что первоначально основной версией возникновения взрыва и пожара была утечка метана из газопровода, который использовался в технологических целях на данном предприятии. Рассмотрев материалы, описывающие последствия аварии, и учитывая имеющийся опыт расследования подобных взрывных аварий, авторам стало очевидно, что основной причиной взрыва и пожара был аварийный разрыв баллона с пропаном. Поэтому были проведены определенные расчеты, некоторые результаты которых приведены ниже, доказывающие данную версию развития аварии.

Рассмотрим вариант развития аварии, источником которой был баллон с пропаном, более подробно. Наличие баллона с пропаном свидетели не отрицают, но его судьба и количество

баллонов остаются под большим вопросом в связи с тем, что свидетели аварии являются, в том числе, и основными подозреваемыми, которые чаще всего не очень заинтересованы в разглашении деталей развития событий. Данное утверждение основано на элементарном здравом смысле и опыте расследования не менее 50 аварийных взрывов, сопровождавшихся, в том числе, и человеческими жертвами.

Прежде всего, следуют остановиться на физических процессах, связанных с взрывами баллонов, находящихся под давлением. Развитие взрывной аварии в этом случае можно разделить на четыре этапа. На первом этапе происходит разгерметизация емкости, сопровождающаяся характерным для разрыва металла звуком (скрежетом, хрустом, щелчком). После этого происходит выброс в атмосферу паров перегретой жидкости, смешанной с жидкой фазой в виде мелких капель. Объем выброшенного пара зависит от степени перегрева жидкости. Не вдаваясь в подробности, можно сказать, что запасенная в перегретой жидкости энергия полностью расходуется на парообразование, а оставшаяся жидкость имеет температуру кипения при атмосферном давлении. Например, у пропана температура кипения при атмосферном давлении -42°C , а у бутана -0.5°C . Поэтому при аварийных выбросах жидкого пропана люди могут получить ожоги от холодного пропана. Третий этап развития аварии связан с появлением источника зажигания в области смешения паров пропана с воздухом, т.е. на границе струи, истекающей из аварийного отверстия в баллоне. На этом этапе происходит скоротечное взрывное горение пропановоздушной смеси, обрамляющей струю выброса. Это сопровождается характерным хлопком, возникает волна сжатия и со стороны свидетели аварии видят огневой яркий шар. Скорость выгорания взрывоопасной области, формирующейся на границе выброса пара, достаточно велика, т.к. смесь в струе сильно турбулизована. Поэтому создаваемая волна сжатия может быть достаточно интенсивной, а время импульса достаточно мало (составляет десятки миллисекунд). Это все зависит от времени появления источника зажигания.

После этого наступает четвертый этап развития аварии. Суть его сводится к выгоранию паров пропана по мере поступления в пропановый выброс воздуха, т.е. кислорода.

Этот этап сопровождается значительными тепловыми нагрузками и практически не создает избыточного давления, т.к. скорость горения и, соответственно, расход притока продуктов горения не велики. Время развития четвертого этапа составляет секунды (в отличие о третьего этапа, сопровождающегося взрывным горением и волной сжатия). Возникает огневой шторм, который распространяется по помещению, а его перемещение полностью определяется планировкой помещения, от которой зависят скоростные потоки. Например, в дверных проемах скорость возрастает, а при приближении к ограждающим конструкциям (стенам) уменьшается. Все эти процессы описываются в рамках механики сплошной среды. Люди, попадающие в зону тепловых нагрузок, получают ожоги различной степени тяжести, вплоть до несовместимых с жизнью. При этом возникает значительный очаг пожара, который быстро распространяется на все здание или помещение.

Значительного «всплытия» огневого шара под действием Архимедовой силы, как это часто трактуют некоторые специалисты, в данной ситуации не наблюдается из-за скоротечности процесса. Импульс действия сил Архимеда существенно меньше импульса сил давления, возникающего в процессе горения и выделения в помещение продуктов горения. Поэтому область горения перемещается туда, куда ей «проще» всего переместиться, подчиняясь законам механики сплошной среды.

Всплытие огневых шаров наблюдается при авариях подобного рода, происшедших в атмосфере, т.е. на открытом пространстве. При этом решающую роль в этом случае играет масштаб выброса.

Таким образом, можно сказать, что развитие аварии, связанной с баллоном, характеризуется следующими особенностями. Сначала (на первом этапе) раздается щелчок (скрежет, хруст и т.д.). Потом (второй этап) слышен свист или хлопок. После этого при появлении источника зажигания вблизи выброса пропана возникает вспышка, сопровождаемая значительным

избыточным давлением (свидетели слышат гул или взрыв) и ветровыми нагрузками (третий этап). На этом этапе возможны разрушения строительных конструкций вблизи места расположения баллона, которые вызваны избыточным давлением, создаваемым на этой стадии развития аварии. Завершает этот процесс огневой шторм, создающий значительные тепловые нагрузки, что приводит к полномасштабному пожару и поражению людей, попадающих в зону их воздействия (четвертый этап).

Все признаки, присущие развитию взрывной аварии, вызванной баллоном с пропаном, присутствуют при анализе показаний свидетелей аварии.

Для подтверждения вывода о том, что причиной аварии явился взрыв баллона, и уточнения некоторых деталей были проведены расчеты, описывающие процесс развития аварийной ситуации.

Наличие скрежета, хлопков, щелчков и свиста, характеризующих первые два этапа развития аварии, вызванной баллоном с пропаном, подтверждают многие свидетели. Поэтому расчету подлежали только два последних этапа, связанные непосредственно с взрывным горением. Расчеты осуществлялись с использованием методик и материалов, изложенных в [1-5].

Сначала был проведен расчет третьего этапа развития аварии, который характеризуется избыточным давлением и который привел к некоторым разрушениям ограждающих конструкций и внутренних перегородок. На рисунке 1 приведены результаты расчета распространения волны сжатия, возникающей на третьем этапе процесса взрыва баллона.

На рисунке 1а приведена расчетная область и начальные условия. Точками 1,2,3,4 и 5 отмечены места, для которых ниже будут приведены динамические (временные) параметры потока, сопровождающего взрыв. На рисунке 1б приведены векторы скорости волнового возмущения, возникающего при начальном взрыве пропановоздушного облака. Векторы скорости приведены для момента времени, соответствующего 60-ой мс взрывного горения смеси. Расчеты показывают, что на этом этапе развития аварии возникают волновые процессы, а распространение волновых потоков определяется внутренними параметрами здания (наличие перегородок, оборудования и т.д.) и местом расположения баллона.

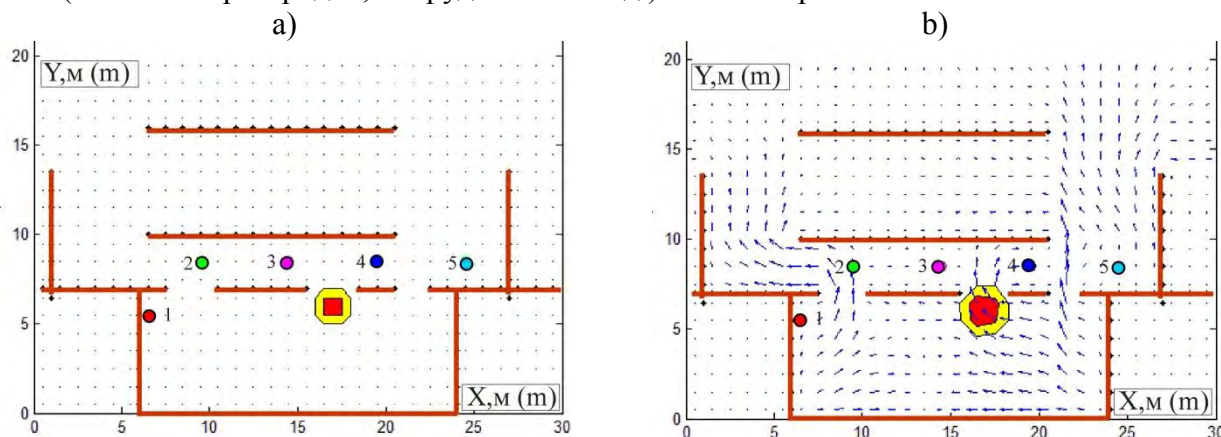


Рис. 1. Исходная расчетная схема (а) и мгновенные значения векторов скорости волны сжатия через 60мс после воспламенения смеси (б)

Временные параметры волнового потока (давление и скорость) в точках, положения которых указаны на рисунке 1, приведены на рисунках 2, 3.

Из рисунка 2, где приведены расчетные временные зависимости взрывного давления в пяти точках аварийного здания, следует, что начальную стадию взрывного горения, которую свидетели воспринимали, как «хлопок», «гул», «сотрясение» и т.д., сопровождала кратковременная взрывная нагрузка (длительностью около 20-50мс), носящая ярко выраженный волновой характер. Максимальная амплитуда взрывного давления составляла примерно 5кПа.

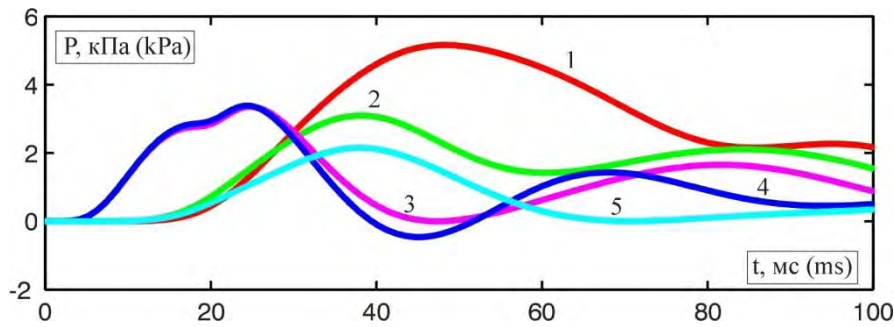


Рис. 2. Зависимости от времени избыточного давления взрыва в пяти точках помещения при взрыве баллона

Возникшая ветровая нагрузка тоже носила ярко выраженный волновой характер. Она воспринималась свидетелями аварии как порыв ветра. Скорости волнового потока не превышали 10-15 м/с, что следует из рисунка 3.

Для большей наглядности результатов расчета и для более полного понимания картины происшедшего на рисунке 4 приведено поле максимальных избыточных давлений, а на рисунке 5 показано поле максимальных скоростей, сопровождавших начальную стадию взрыва баллона.

Изолинии равного давления, приведенные на рисунке 4, имеют следующие значения: 2 кПа, 4 кПа, 6 кПа, 8 кПа и 10 кПа. Приведенные изолинии указывают, что в пространстве между ними максимальное давление взрыва находилось в диапазоне, находящемся между значениями, указанными на изолиниях. Например, видно, что на внутреннюю перегородку (область между точками 3 и 4) действует давление с интенсивностью более 4 кПа, но менее 6 кПа.

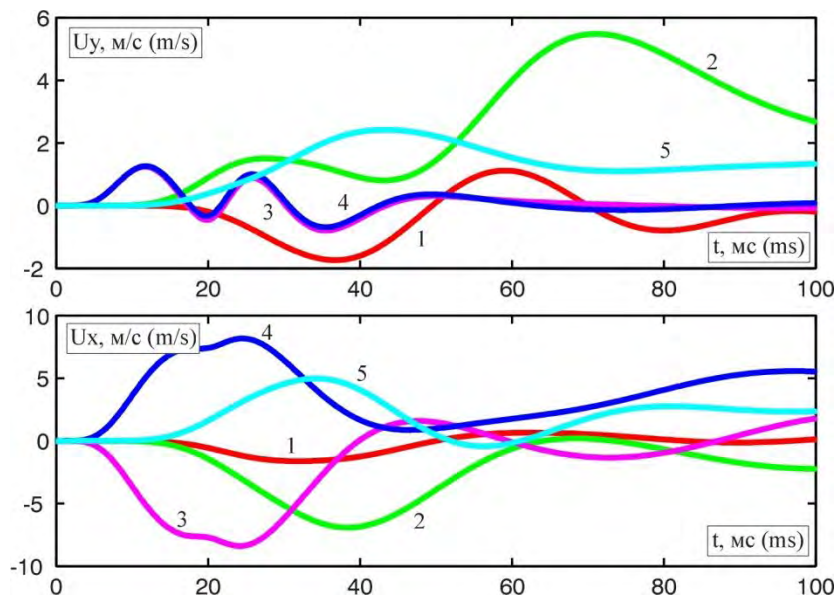


Рис. 3. Зависимости от времени составляющих скорости волнового потока в пяти точках помещения при взрыве баллона

Аналогичную ситуацию можно наблюдать при рассмотрении максимального давления вблизи точки 1. Следствием воздействия взрывного давления явилось частичное разрушение (обрушение) внутренней перегородки и части наружной стены вблизи точки 1.

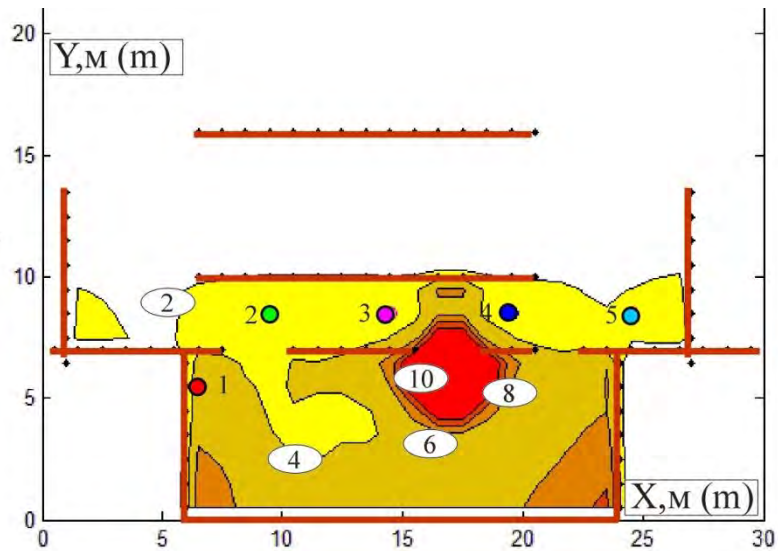


Рис. 4. Поле максимальных давлений, сопровождавших начальную стадию взрывного горения выброса пропана из баллона

На рисунке 5 приведено поле максимальных скоростей, сопровождавших начальную стадию взрывного горения выброса пропана из газового баллона.

Уровни равных скоростей, приведенные на рисунке 5, имеют следующие значения: 2, 4, 6, 8, 10 и 12 м/с. Видно, что максимальные скорости (ветровые нагрузки или порывы ветра) наблюдались вблизи баллона и в некоторых местах превышали 12 м/с.

Приведенные результаты расчета подтверждаются свидетельскими показаниями и последствиями аварии.

Рассмотрим результаты расчета распространения огневого шторма, который реализуется на заключительной стадии взрывного горения выброса пропана. Как указывалось ранее, этот процесс занимает около 5 секунд и не сопровождается значительным избыточным давлением и большими скоростными нагрузками. Это связано с тем, что скорость горения выброса на данном этапе достаточно мала и определяется темпом насыщения выброса пропана воздухом (кислородом).

На рисунке 6 приведены результаты расчета распространения области горения, которая сопровождает заключительный этап процесса взрыва баллона и предшествует крупномасштабному пожару.

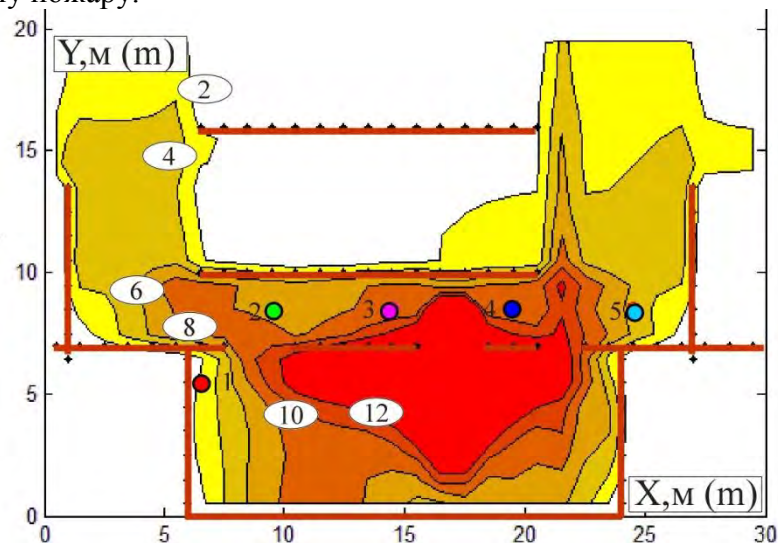


Рис.5. Поле максимальных скоростей, сопровождавших начальную стадию взрывного горения выброса пропана из баллона

На рисунке 6а приведена расчетная область и начальные условия. На рисунках 6б...6ф приведены векторы скорости потока, сопровождающего горение, и приведены изолинии равной объемной концентрации продуктов горения в пространстве здания для пяти моментов времени: через 1 секунду после возгорания смеси, через 2 секунды, через 3 секунды, через 4 и через 5 секунд после воспламенения смеси. Численные значения изолиний имеют следующие значения: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% и 90% от объема в данной точке пространства. Например, если точка находится между изолиниями 30% и 40%, то для данного момента времени в этой точке в воздухе находится не менее 30% от его объема продуктов сгорания, но и не более 40%. Это является характеристикой его тепловой поражающей способности.

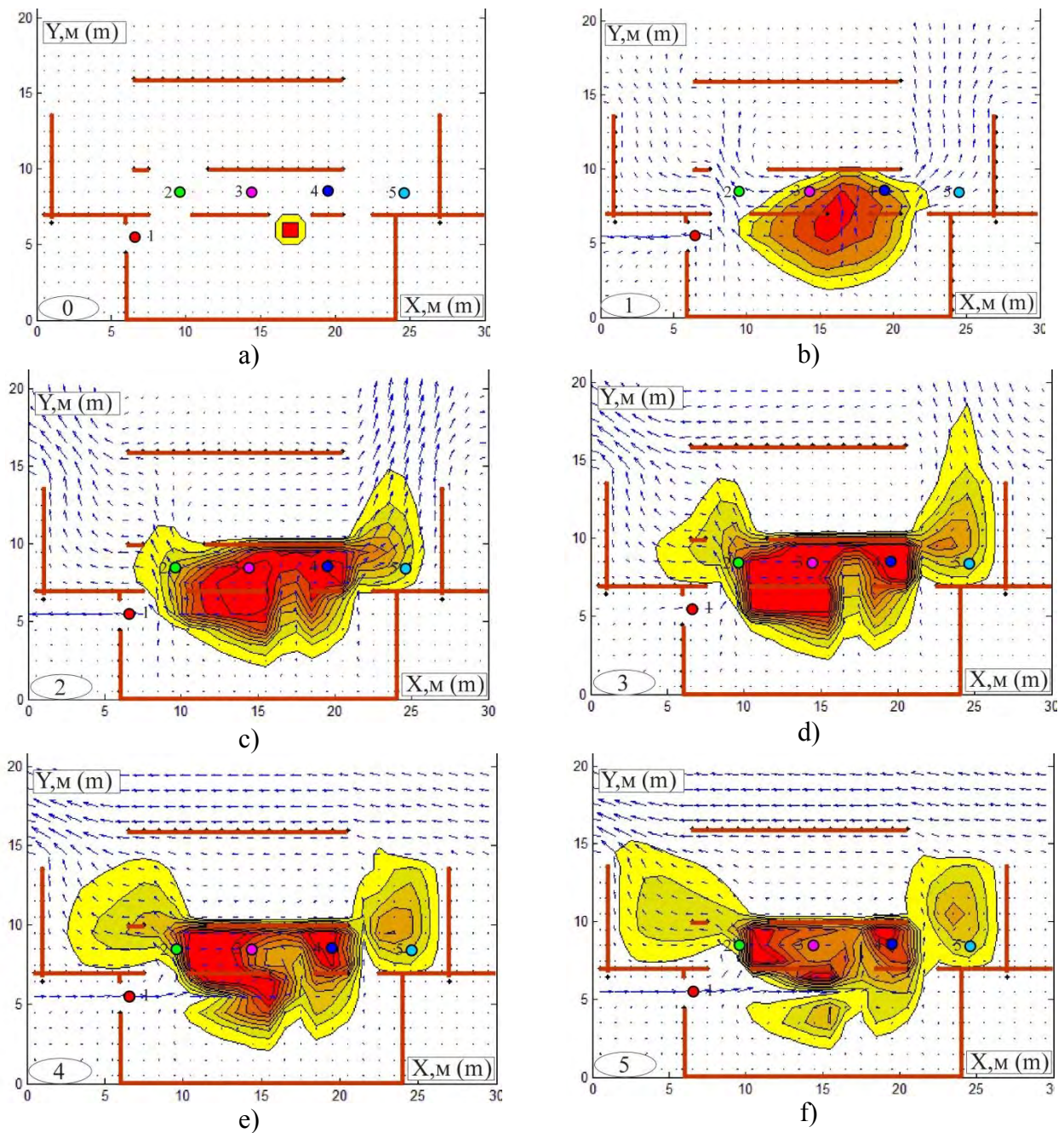


Рис. 6. Исходная расчетная схема (а), векторы скорости потока и изолинии равной объемной концентрации продуктов горения в пространстве здания через 1 секунду (б), через 2 секунды (с), через 3 секунды (д), через 4 секунды (е), через 5 секунд (ф) после воспламенения смеси

На рисунке 7 приведены изолинии равных максимальных температур, реализуемых в помещении. Численные значения изолиний составляют 250°C , 500°C , 750°C и 1000°C . На рисунке 7 приведены положения людей, получивших различные степени теплового поражения: А-33% В-30% С- 50% D-70% E-45% F-45% G-25%. Сравнение результатов, приведенных на рисунке 7, с данными о степени теплового поражения людей, подтверждают мысль о том, авария развивалась именно таким образом, а не иначе.

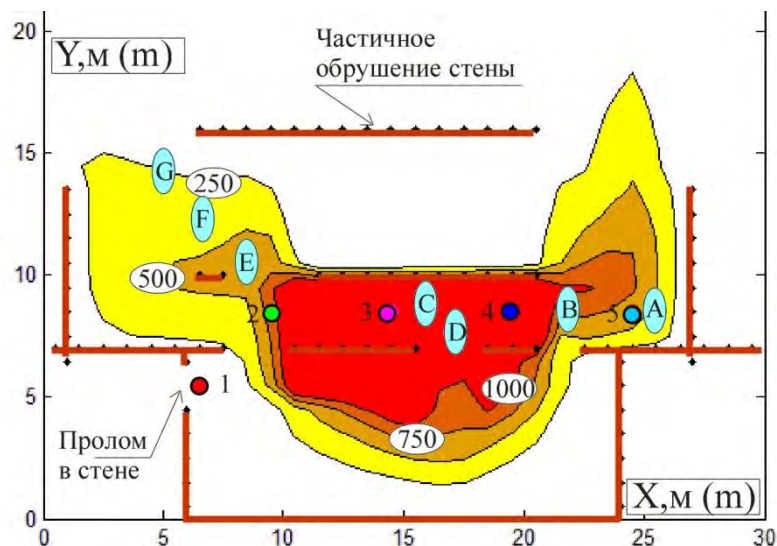


Рис. 7. Изолинии равных максимальных температур, сопровождавших заключительную стадию взрывного горения выброса пропана из баллона

Сравнение результатов расчета с последствиями аварии с достаточной точностью совпадают. Это позволяет говорить о том, что авария развивалась именно по описанному ранее сценарию.

ВЫВОДЫ

В статье приведены общие принципы восстановления сценария развития взрывной аварии при помощи численных расчетов.

В качестве примера приводятся результаты восстановления расчетным методом сценария реальной аварии. Сравнение результатов расчета с имеющимися разрушениями и повреждениями позволяют говорить о том, что аварийный взрыв происходил именно так и именно по принятому в расчетах сценарию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годунов С.К. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. 400 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Теоретическая физика: Т. VI. (3-е изд., перераб.-М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.- 736 с.
3. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (строительство). М. МГСУ. 2001. - 42с.
4. Комаров А.А. Расчет газодинамических характеристик потоков при аварийных дефлаграционных взрывах на наружных установках. Журнал «Пожаровзрывобезопасность», 2002г. т.11. №5. с.15-18.
5. Комаров А.А. Анализ процесса взрывного горения, сопровождавшего пожар на тополевой аллее. III международная научно-практическая конференция «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». Материалы конф. М.: Академия МЧС. 2014г. – 3 с.
6. Комаров А.А. Разрушения зданий при аварийных взрывах бытового газа Журнал "Пожаровзрывобезопасность". 2004. Т. 13. № 5. С. 15-23.
7. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ «Пожарная безопасность технологических процессов». – М.: Гостандарт России. – 85 с.

8. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (Зарегистрировано в Минюсте России 17.08.2009 № 14541).
9. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ВЗРЫВНЫЕ НАГРУЗКИ ПРИ АВАРИИ

А.А. Комаров¹, Н.В. Громов², А.Д. Корольченко³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

¹komarova@mgisu.ru

²newdayru@bk.ru

Аннотация

В статье расчетным методом определяется влияние способа крепления легкобрасываемой конструкции (ЛСК) на динамические нагрузки, возникающие в зданиях (помещениях) при внутренних аварийных взрывах.

Крепление смещаемых ЛСК может осуществляться двумя способами. ЛСК может крепиться внахлест. В этом случае при внутреннем аварийном взрыве и при достижении избыточным давлением давления вскрытия ЛСК происходит отрыв сбросной панели от стены и сразу же начинается процесс истечения газа из помещения. При втором способе крепления ЛСК, когда панель заделана в стену здания, после достижения внутри помещения давления вскрытия ЛСК происходит смещение оторванной конструкции наружу, но сброса давления при этом не происходит до тех пор, пока вся конструкция не выбьется наружу. И только после полного выхода сброшенной конструкции за пределы стены, к которой она крепилась, начинается истечение газа из помещения или сброс давления в атмосферу.

В статье показано, что, так называемый поршневой эффект, который проявляется при сбросе панели при втором способе ее крепления, оказывает существенное влияние на динамику и на максимальные уровни взрывного давления. В статье подробно рассматривается кинематика движения ЛСК при указанных выше двух способах ее крепления и приведены соответствующие каждому положению конструкции уровни взрывного давления. Приведенный в статье материал позволяет лучше понять физическую картину, связанную с формированием взрывных нагрузок в зданиях (помещениях), оборудованных ЛСК и повысить эффективность их работы.

ВВЕДЕНИЕ

ЛСК активно используются для обеспечения взрывоустойчивости промышленных объектов в случае внутреннего аварийного взрыва. Особенности применения ЛСК для снижения избыточного давления, возникающего при взрывных авариях в помещениях, описываются в источниках [1-10].

По типу крепления к ограждающим конструкциям зданий и сооружений ЛСК разделяются на поворотные (с вертикальным или горизонтальным шарниром) и смещаемые [1].

Крепление смещаемых ЛСК может осуществляться двумя способами. ЛСК может крепиться внахлест. Это способ крепления ЛСК иллюстрирует рисунок 1.1А. При внутреннем аварийном взрыве и при достижении избыточным давлением давления вскрытия ЛСК происходит отрыв сбросной панели от стены и сразу же начинается процесс истечения газа из помещения. Этот этап аварийного взрыва иллюстрирует рисунок 1.1Б.



Рис. 1.1 Развитие аварии в помещении, оборудованном ЛСК, при первом типе ее крепления.
 А – общая схема крепления ЛСК; Б – срыв конструкции при внутреннем взрыве и начало сброса взрывного давления в атмосферу

При втором способе крепления ЛСК, который иллюстрирует рисунок 1.2А, после достижения внутри помещения давления вскрытия ЛСК происходит смещение оторванной конструкции наружу, но сброса давления при этом не происходит до тех пор, пока вся конструкция не выбьется наружу. Этот этап взрыва был назван «поршневой ход» и его иллюстрирует рисунок 1.2Б. И только после полного выхода сброшенной конструкции за пределы стены, к которой она крепилась, начинается истечение газа из помещения или сброс давления в атмосферу. Этот этап развития аварийного взрыва иллюстрирует рисунок 1.2В.

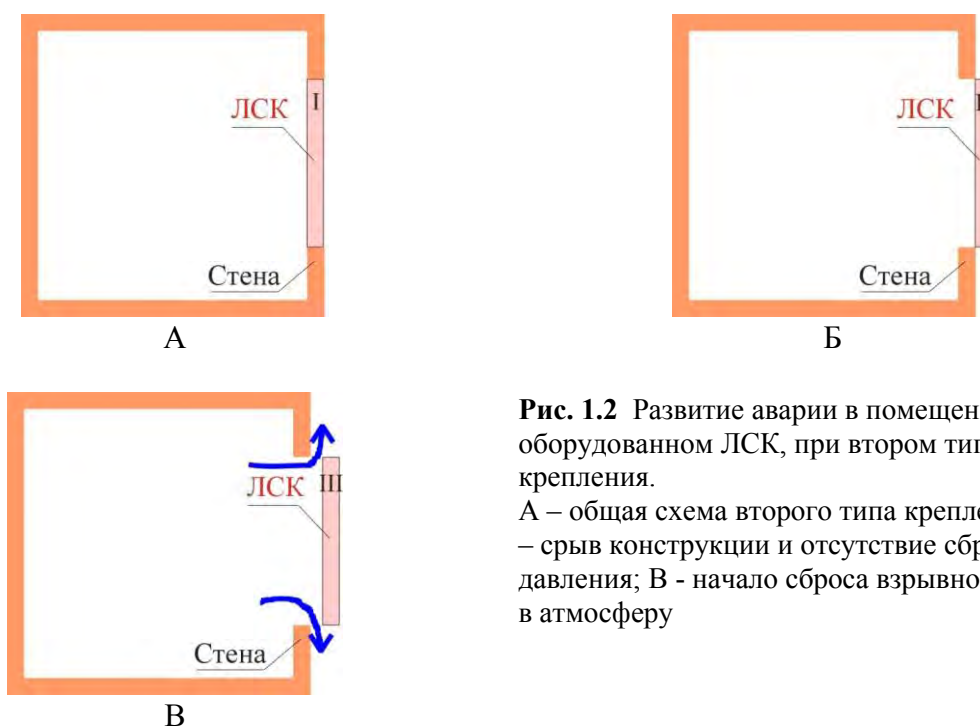


Рис. 1.2 Развитие аварии в помещении, оборудованном ЛСК, при втором типе ее крепления.
 А – общая схема второго типа крепления ЛСК; Б – срыв конструкции и отсутствие сброса давления; В - начало сброса взрывного давления в атмосферу

В статье подробно рассматривается кинематика движения смещаемой ЛСК при указанных выше двух способах ее крепления и приведены соответствующие каждому положению конструкции уровни взрывного давления. Приведенный в статье материал позволяет лучше понять физическую картину, связанную с формированием взрывных нагрузок в зданиях (помещениях), оборудованных ЛСК и повысить эффективность их работы.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Используемая в статье расчетная методика, основанная на численном расчете системы дифференциальных уравнений, достаточно полно описана в [1,4,6,11].

Рассмотрим кинематику вскрытия ЛСК при первом типе крепления ЛСК и динамику давления, сопровождающего данный взрыв.

Были приняты следующие параметры камеры, применительно к которой проводились расчеты. Камера имела кубическую форму с размером ребра 0.5м. Сбросной проем имел квадратную форму размером 0.3х0.3м. Инерционность ЛСК составляла $P_{инер}=0.05\text{кПа}$, где $P_{инер}=M/S$ (M – масса ЛСК, S – площадь ЛСК). Давление вскрытия ЛСК было принято равным $P_{вскр}=0.1\text{кПа}$. Трение, сопровождающее смещение ЛСК при данном типе крепления, равно нулю.

На рисунке 1.3 приведены временные зависимости: избыточного давления в камере при взрыве – $\Delta P(t)$; горизонтального смещения ЛСК в процессе вскрытия конструкции - $\Delta L(t)$; относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$.

Коэффициент относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$ представляет собой отношение площади открывшегося в процессе смещения ЛСК проема к общей площади сбросного проема.

Точками на рисунке 1.3 отмечены моменты времени через каждые 2мс. Особо выделены моменты времени 30мс; 40мс и 60мс.

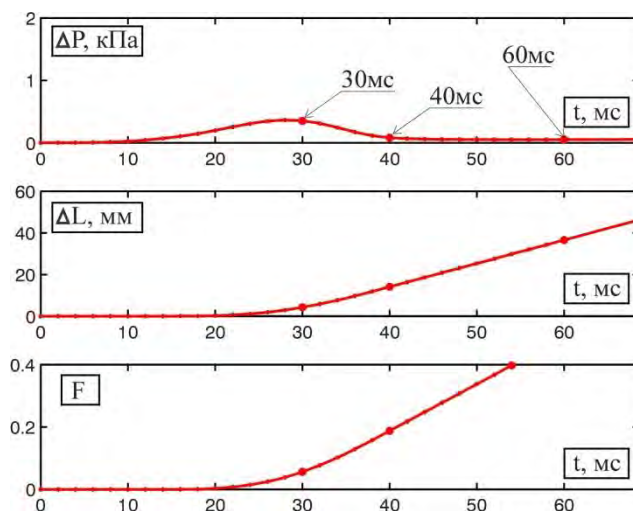


Рис. 1.3 Временные зависимости: избыточного давления в камере при взрыве – $\Delta P(t)$; горизонтального смещения ЛСК - $\Delta L(t)$; относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$

На рисунке 1.4 приведена временная зависимость избыточного давления взрыва в камере.

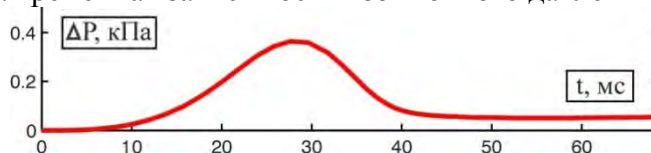


Рис. 1.4 Временная зависимость избыточного давления в камере при первом варианте крепления ЛСК

В результате численных расчетов системы дифференциальных уравнений были получены следующие интегральные параметры, характеризующие взрыв: максимальное давление взрыва равно 0.36кПа; время реализации максимального давления 27.6мс; смещение ЛСК в момент реализации максимального давления $0.0027\text{м}=2.7\text{мм}$; скорость ЛСК в момент реализации максимального давления 0.56м/с; время начала освобождения сбросного проема (для данного способа крепления ЛСК это начало движения ЛСК) 17.1мс; время освобождения проема на 20% ($F=0.2$) 41.3мс.

Рассмотрим влияние изменения способа крепления ЛСК и эффект «поршневого хода» ЛСК на уровни взрывных нагрузок. Далее будет рассмотрен второй способ крепления ЛСК, который схематично был изображен на рисунке 1.2.

При проведении расчетов были приняты те же параметры камеры и ЛСК, что и в предыдущей серии расчетов. Трение, сопровождающее смещение ЛСК в данной серии расчетов, также принято равным нулю. Толщина ЛСК или глубина заделки конструкции, которая создает, так называемый, поршневой эффект, составляет $0.01\text{м}=1\text{см}$. Относительная глубина заделки, представляющая собой отношение глубины заделки к линейному размеру ЛСК, соответственно равна $1/30=3.33\%$.

На рисунке 1.5 приведены расчетные зависимости, аналогичные графикам, приведенным на рисунке 1.3. Точками на рисунке 1.5 отмечены моменты времени через каждые 2мс. Особо выделены моменты времени 36мс; 40мс и 50мс.

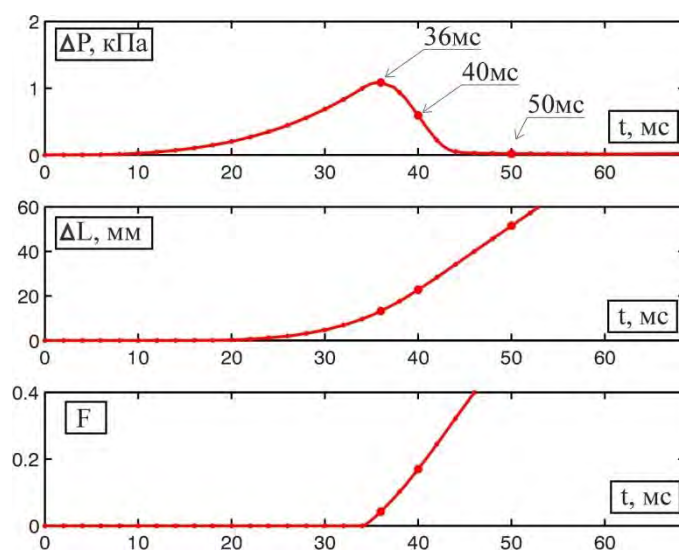


Рис. 1.5 Временные зависимости: избыточного давления в камере при взрыве – $\Delta P(t)$; горизонтального смещения ЛСК - $\Delta L(t)$; относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$. Второй тип крепления ЛСК. Трение отсутствует

На рисунке 1.6 приведена временная зависимость избыточного давления взрыва в камере.

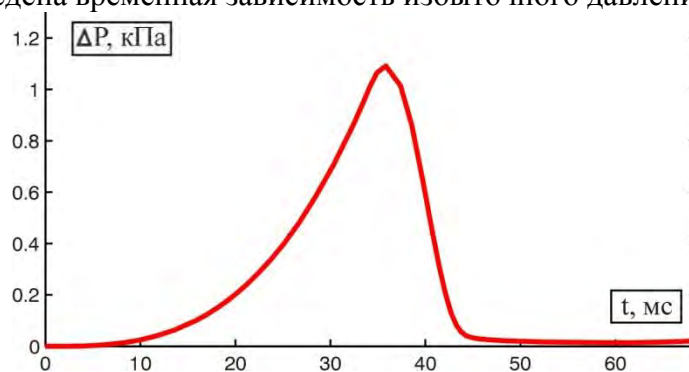


Рис. 1.6 – Временная зависимость избыточного давления в камере при втором варианте крепления ЛСК. Трение отсутствует

В результате численных расчетов системы дифференциальных уравнений были получены следующие интегральные параметры, характеризующие взрыв: максимальное давление взрыва равно 1.09кПа ; время реализации максимального давления 35.8мс ; смещение ЛСК в момент реализации максимального давления $0.0129\text{м}=12.9\text{мм}$ или с учетом толщины ЛСК в 10мм (в данном случае это есть протяженность поршневого хода) имеем, что длина вылета

ЛСК составляет 2.9мм; скорость ЛСК в момент реализации максимального давления 1.96м/с; время начала движения ЛСК - 17.1мс; время освобождения проема на 20% ($F=0.2$) - 41.1мс.

Очевидно, что при втором варианте крепления ЛСК конструкция должна пройти расстояние поршневого хода прежде, чем начнется вскрытие сбросного проема. Как показали расчеты, это обстоятельство приводит к росту взрывного давления в камере с 0.36кПа (для первого варианта крепления ЛСК) до 1.09кПа (для второго варианта крепления ЛСК), т.е. примерно в три раза.

Рассмотрим влияние трения, возникающего при движении ЛСК, закрепленной по второму варианту. Примем, что сила трения равна $5 \cdot M \cdot g$, где M – масса ЛСК, g – ускорение свободного падения, т.е. сила трения составляет пять весов ЛСК. В связи с этим увеличивается давление вскрытия ЛСК с 0.1кПа до 0.35кПа, т.е. на величину $5 \cdot P_{\text{ИНЕР}} = 5 \cdot 0.05 = 0.25 \text{ кПа}$.

На рисунке 1.7 приведены временные зависимости: избыточного давления в камере при взрыве – $\Delta P(t)$; горизонтального смещения ЛСК в процессе вскрытия конструкции - $\Delta L(t)$; относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$.

Точками на рисунке 1.7 отмечены моменты времени через каждые 2мс. Особо выделены моменты времени 40мс; 46мс и 50мс.

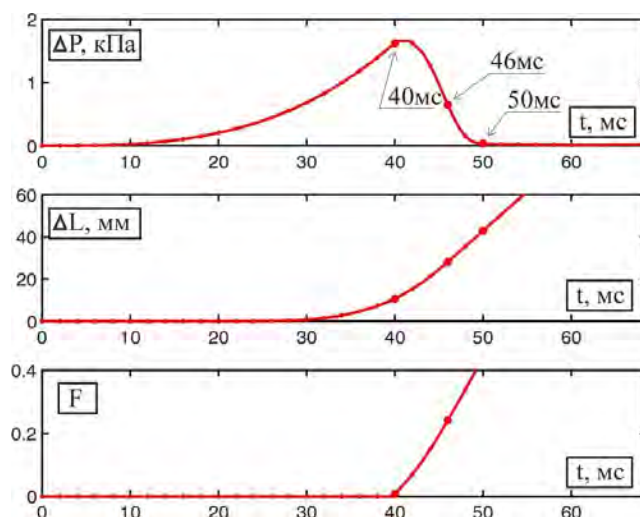


Рис. 1.7 – Временные зависимости: избыточного давления в камере при взрыве – $\Delta P(t)$; горизонтального смещения ЛСК - $\Delta L(t)$; относительного вскрытия сбросного проема при сбросе ЛСК - $F(t)$. Второй тип крепления ЛСК. При наличии трения

В результате расчетов были получены следующие интегральные параметры, характеризующие взрыв: максимальное давление взрыва равно 1.66кПа; время реализации максимального давления 41.8мс; смещение ЛСК в момент реализации максимального давления 0.0146м=14.6мм или с учетом толщины ЛСК в 10мм (в данном случае это есть протяженность поршневого хода) имеем, что длина вылета ЛСК составляет 4.6мм; скорость ЛСК в момент реализации максимального давления 2.58м/с; время начала движения ЛСК - 24.6мс; время освобождения проема на 20% ($F=0.2$) - 45.3мс.

На рисунке 1.8 приведены динамические параметры взрывного давления для трех описанных выше вариантов расчета. Данный рисунок наглядно иллюстрирует влияние на взрывное давление способов крепления ЛСК.

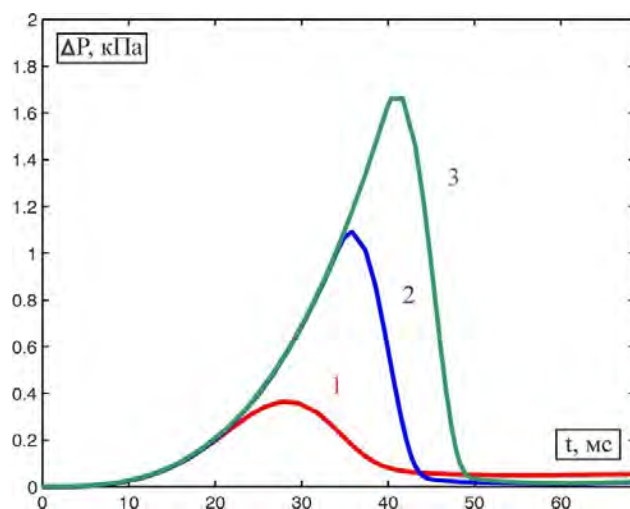


Рис. 1.8 – Давление взрыва в камере при различных вариантах крепления ЛСК.
 1 – первый вариант крепления ЛСК; 2 – второй вариант крепления ЛСК (трение отсутствует);
 3 – второй вариант крепления ЛСК (при наличии трения)

ВЫВОДЫ

В статье показано, что, так называемый поршневой эффект, который проявляется при сбросе панели ЛСК при втором способе ее крепления (когда панель заделана в стену здания), оказывает существенное влияние на динамику и на максимальные уровни взрывного давления внутри помещения, оборудованного ЛСК. Данный эффект не учитывается в современных методиках расчета параметров ЛСК и определения последствий аварийного внутреннего взрыва.

В дальнейшей работе авторы планируют экспериментально подтвердить влияние поршневого хода ЛСК как на модельных установках, так и с помощью натурного эксперимента. Результаты работы приведут к повышению эффективности работы ЛСК, что в свою очередь позволит повысить взрывоустойчивость зданий и сооружений при внутренних аварийных дефлаграционных взрывах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (строительство). М. МГСУ. 2001. - 42с.
2. Комаров А.А., Казеннов В.В., Гусев А.А., Громов Н.В. Критерий квазистатичности взрывного давления газопаровоздушных смесей в помещениях. *Пожаровзрывобезопасность*. 2015; 24(8):56–61.
3. Комаров А.А., Фан Т.А. Оценка влияния взрывных нагрузок на защитные ограждения сооружений. *Материалы, конструкции и строительные технологии - MSC 2017, Ханой*, –7 с.
4. Казеннов В.В. Динамические процессы дефлаграционного горения во взрывоопасных зданиях и помещениях. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М. МГСУ. 1997.
5. Расторгуев Б.С., Плотников А.И., Хуснутдинов Д.З. Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях. Ассоциация строительных вузов. М. 2007. -151с.
6. Шлег А.М. Определение параметров легкобросываемых конструкций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. МГСУ. 2002. -201с.
7. Мишуев А.В., Казеннов В.В., Комаров А.А. Моделирование динамических нагрузок, действующих на строительные конструкции при аварийном взрыве газовоздушных смесей внутри здания. *Пожаровзрывобезопасность*. 1996. т.5. №1. С.34-40.
8. Комаров А.А. Расчет газодинамических характеристик потоков при аварийных дефлаграционных взрывах на наружных установках. *Журнал «Пожаровзрывобезопасность»*, 2002г. т.11. №5. с.15-18.
9. Комаров А.А. Анализ процесса взрывного горения, сопровождавшего пожар на тополевой аллее. III международная научно-практическая конференция «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». *Материалы конф.* М.: Академия МЧС. 2014г. – 3 с.
10. Комаров А.А. Разрушения зданий при аварийных взрывах бытового газа *Журнал "Пожаровзрывобезопасность"*. 2004. Т. 13. № 5. С. 15-23.

11. Громов Н.В. Совершенствование технической системы обеспечения взрывоустойчивости зданий различного типа при взрывах газопаровоздушных смесей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.МГСУ. 2007 – 134с.
12. Василенко В.В., Леликов Г.Д., Жердев К.В. Влияние растворов кислот на остаточную прочность страховочно-спасательных веревок // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 2. С. 38-44;
13. Поландов Ю.Х., Корольченко Д.А., Евич А.А. Условия возникновения пожара в помещении при газовом взрыве. Экспериментальные данные. Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020;29(1):9-21. <https://doi.org/10.18322/PVB.2020.29.01.9-21>
14. Стрельчук Н. А., Орлов Г. Г. Определение площади вышибных конструкций в зданиях взрывоопасных производств. Промышленное строительство. 1969. №6. 19-22
15. Поландов Ю.Х., Добриков С.А., Кукин Д.А. Результаты испытаний легкосбрасываемых конструкций. Пожаровзрывобезопасность. 2017. №8. С.5-14. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.5-14.
16. Горев В.А., Пилюгин Л.П. и др. Расчет и проектирование предохранительных конструкций. Объекты гражданской обороны. Защитные сооружения : сб. научн. тр. — М. : ЦНИИПромзданий, 1991. — № 5.
17. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А. Анализ причин взрывов горючих смесей внутри производственных зданий. Научное обозрение. — 2015. — № 12. — С. 119–123.
18. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Корольченко А.Я. Экономическая оценка эффективности применения предохранительных конструкций для обеспечения взрывоустойчивости зданий и сооружений. Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 6. — С. 51–57.
19. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А. Оценка степени интенсификации взрывного горения газовой смеси. Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 5. — С. 62–67.
20. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Корольченко А.Я. Определение величины и характера взрывных нагрузок при применении инерционных предохранительных конструкций. Пожаровзрывобезопасность. — 2015.— Т. 24, № 4. — С. 47–55.
21. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Ляпин А.В. Оптимизация требований к конструктивным и объемно-планировочным решениям при проектировании зданий и сооружений для взрывоопасных производств. Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 67–74.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Д.А. Корольченко¹, Е.А. Артемьев²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский Государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, KorolchenkoDA@mgsu.ru

²Акционерное общество «Конструкторско-Технологическое бюро Бетона и Железобетона» (АО «КТБ ЖБ»), 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д.б. стр. 15 А, eartemiev@mail.ru

Аннотация

При расчете огнестойкости железобетонных элементов рассчитывается распределение температурного поля по сечению элемента. В зависимости от распределения температурного поля определяются прочностные характеристики элемента. Распределение температуры по сечению элемента зависит от теплоемкости и теплопроводности частей сечения, влажности. В рамках работы произведены расчеты при нормативном подходе (без учета включений арматуры), а также при температурных полях, учитывающих включения арматуры для сечения 100x100мм. Расчет температурного поля был произведен в универсальном программном комплексе ABAQUS, расчет огнестойкости был выполнен согласно действующим нормативам. Был произведен эксперимент по натурной верификации прогревов, полученных в ПК ABAQUS, а также эксперимент по подтверждению предела огнестойкости с учетом данных по температурному полю, учитывающему включения арматуры. В результате исследования подтверждена сходимость температурных полей, полученных теоретически в ПК ABAQUS с экспериментом. Также подтверждено, что расчет огнестойкости с учетом получения температурных полей, учитывающих температурные включения дает более точный результат по сравнению с нормативными методиками. С учетом полученных результатов разработаны предложения по корректировке существующей нормативной базы.

ВВЕДЕНИЕ

Ко всем конструкциям предъявляются требования обеспечения механической и пожарной безопасности [1-4]. Выполнение данных требований для большинства рассчитываемых элементов обеспечивается надлежащим исполнением расчетных положений, приведенных в соответствующих сводах правил, специально разработанных рекомендаций и стандартов организаций. Для железобетонных и сталежелезобетонных конструкций это документы и рекомендации, приведенные в [5-8]. Однако в приведенных источниках отсутствуют инженерные формулы/коэффициенты по которым возможно получить фактические температурные поля для расчета огнестойкости с учетом их фактического армирования, приведенные в нормативной базе температурные поля ограничиваются бетонными элементами [9-12].

Наибольший интерес по изменениям температурного поля представляют элементы имеющие максимальные проценты армирования [13-16]. К таковым элементам относятся как правило сжатые элементы.

В связи с этим актуальным будет провести исследование огнестойкости сжатых железобетонных элементов, рассчитанной с учетом теплотехнических характеристик арматуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках испытаний были изготовлены арматурные, бетонные и железобетонные образцы (рисунок 1) 100x100x400мм и испытаны на оборудовании испытательной лаборатории кафедры комплексной безопасности МГСУ и АО «КТБ ЖБ».

Габариты образцов приняты исходя из возможностей испытательного оборудования на огнестойкость. Максимальная нагрузка составляет 100т. По предварительным расчетам на разрушение железобетонного образца 100x100мм требуется порядка 50-70т, поэтому приняты данные габариты.

Армирование принято равным 10 процентам.

Продольное армирование: 4 стержня диаметром 16мм А500.

Поперечное армирование: 5 хомутов диаметром 6 мм А240.

Защитный слой продольной арматуры: 16 мм.

Бетон: тяжелый.



Рис.1. Фотографии образцов в формах перед бетонированием

Методика исследования базируется на выполнении следующих задач:

1. Подтверждение температуры прогрева образцов для подтверждения (натурной верификации) корректности проведения теплотехнических расчетов температурных полей в программном комплексе (ПК) ABAQUS. Подтверждение температуры прогрева дает основание проводить дальнейшие теоретические расчеты в данном ПК.
2. Определение прочностных характеристик образцов для расчета огнестойкости.
3. Подтверждение предела огнестойкости образцов натурными испытаниями для возможности использования полученных температурных полей в ПК ABAQUS с учетом арматурных включений для расчета огнестойкости конструкций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе испытаний произведено определение прогревов образцов теоретически в ПК ABAQUS и натурно в огневой камере.

Расчет прогревов сечения произведен в ПК ABAQUS для сечения, имеющего арматурные включения, а также для сечения, состоящего полностью из бетона. Разбитая конечно-элементная сетка одинакова для обоих случаев расчета (рисунок 2). Характер прогрева приведена на рисунке 3.

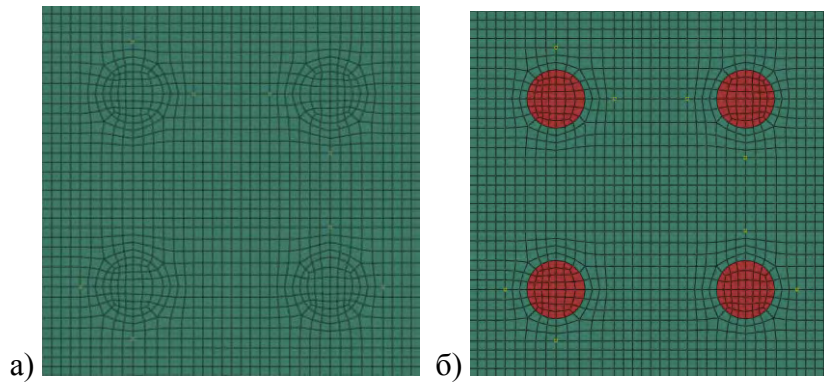


Рис. 2. Конечно элементная сетка и материалы сечений
а – бетонное сечение; б – железобетонное сечение

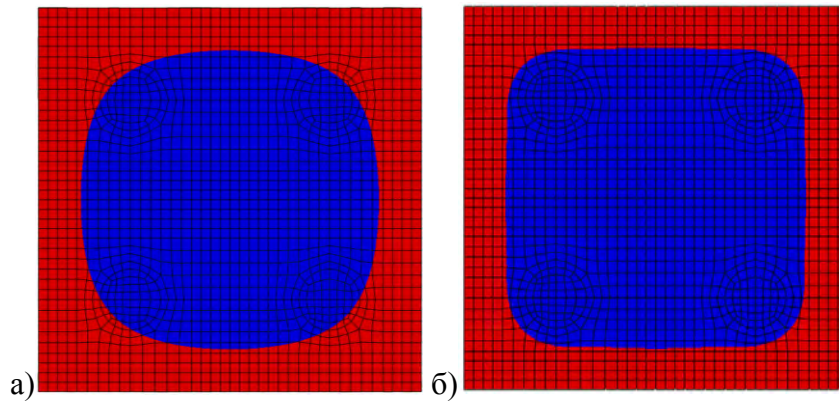


Рис. 3. Характер прогрева сечений
а – бетонное сечение; б – железобетонное сечение

В огневой камере температура в образцах определялась с помощью термоэлектрических преобразователей ТПК 005 (термопар). Термопары устанавливались согласно рисунку 4. На рисунке 5 показана установленные в огневую камеру образцы.

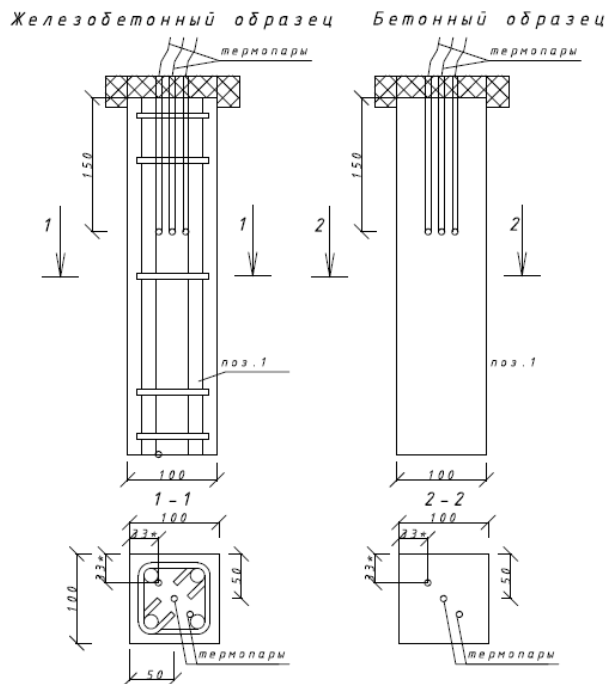


Рис. 4. Места установки термопар в образцы



Рис. 5. Образцы в огневой камере

В результате испытаний получена температура в местах установки термоэлектрических преобразователей на графике $t(\text{температура})-T(\text{время})$.

Графики после обработки данных по результатам испытаний приведены на рисунках 6 и 7.

Температура прогрева в точках по бетонному и железобетонному сечению имеет некоторые отклонения от расчетных (в пределах 2-5%). Отклонения связаны с несовершенством температурного режима, отклонениями теплотехнических характеристик от линейных, представленных в нормах, а также несовершенством измерительного оборудования. Однако графики « $t(\text{температура})-T(\text{время})$ » имеют хорошую сходимость по тенденции изменения температурного поля: разница в температурных полях бетонного и железобетонного сечений практически полностью совпадает с расчетным, поэтому можно утверждать, что натурная верификация результатов, проведенных с помощью универсального программного комплекса ABAQUS получена.

а

б

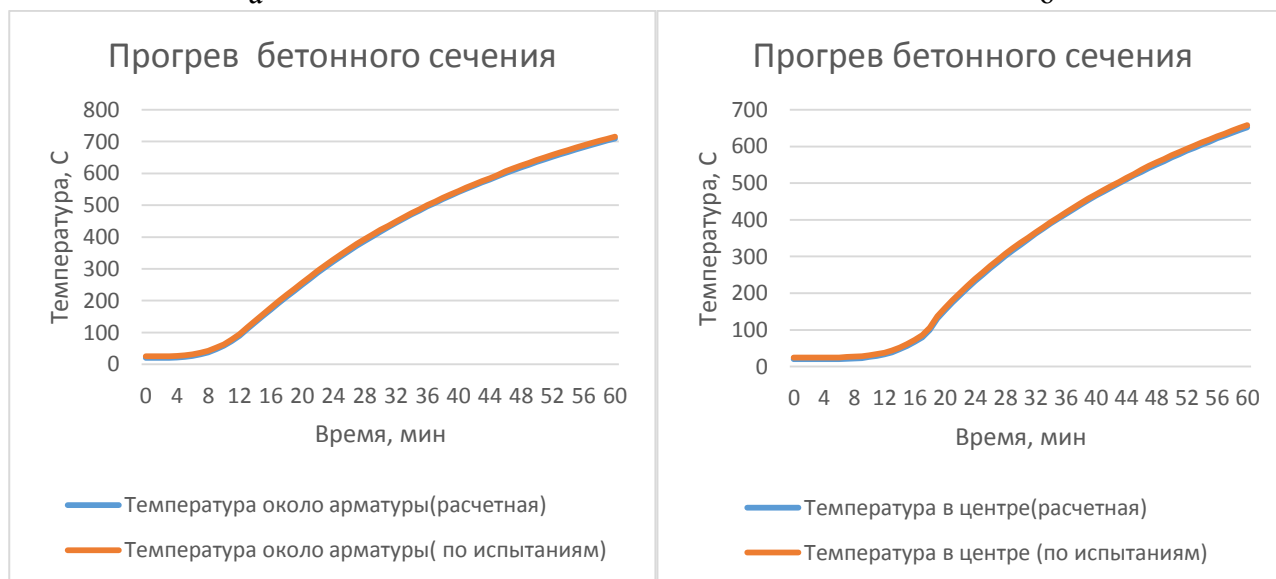


Рис.6. Изменение температуры бетонного сечения:

а- около температуры; б - в центре

а

б

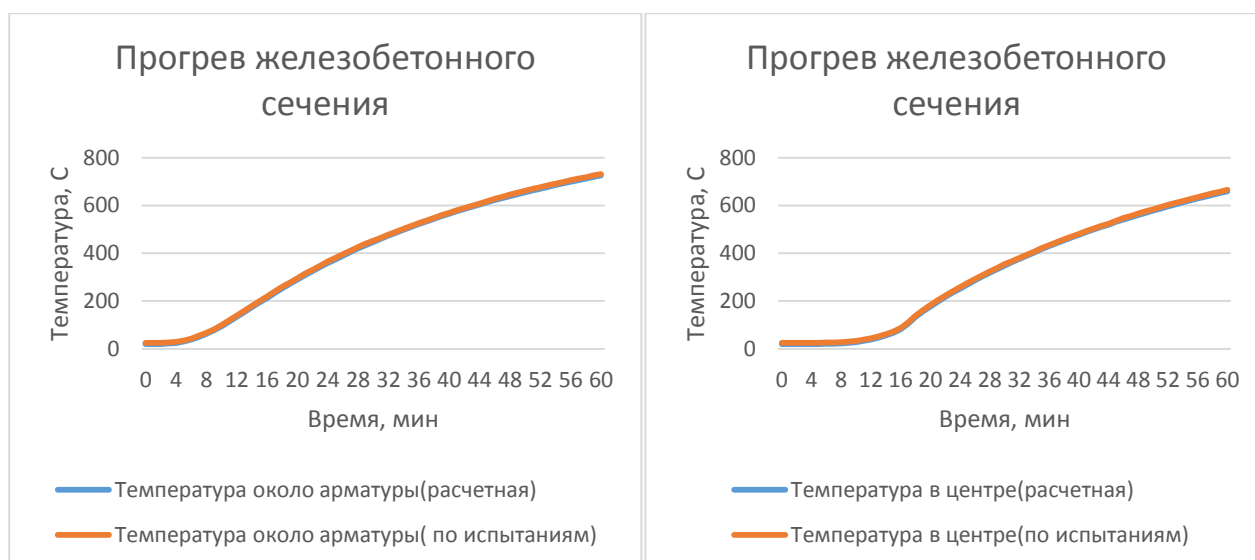


Рис.7. Изменение температуры железобетонного сечения:
а -около арматуры; б - в центре

На втором этапе получены диаграмма деформирования арматуры без нагрева, класс бетона, прочностные характеристики бетона и арматуры при нагреве.

Значения коэффициентов условий работы для арматуры и бетона при нагреве полностью соответствуют приведенным в [1].

На третьем этапе по результатам испытаний первого и второго этапа рассчитана вертикальная нагрузка для подтверждения огнестойкости 25 минут при температурных полях, учитывающих включения арматуры и проведены испытания огнестойкости в огневой камере под нагрузкой создаваемой прессом (рисунок 8).



Рис. 8. Испытания огнестойкости

а – огневая камера и доборная колонна для установки образца; б – пресс и крышка огневой камеры

В образце, рассчитанном с учетом теплопроводных включений предельно воспринимаемая нагрузка по расчету выше на 8,2%, чем в образце, рассчитанном по бетонному сечению. Полученная в ходе натурных испытаний огнестойкость составила 29,6 минут. Расчетная огнестойкость при температурных полях, учитывающих включения арматуры подтверждена. Опытный коэффициент запаса по огнестойкости для прямоугольных элементов с учетом того что сечение рассчитывается с учетом теплопроводных включений арматуры: 1,18.

ВЫВОДЫ

1. В исследовании рассмотрена актуальная проблема расчета огнестойкости при фактическом температурном поле, учитывающим включения арматуры.
2. Экспериментальные графики прогрева бетонных и железобетонных образцов «t(температура)-T(время)» имеют хорошую сходимость с теоретическими, полученными в ПК ABAQUS: разница в температурных полях бетонного и железобетонного сечений практически полностью совпадает с расчетным. Натурная верификация результатов, проведенных с помощью универсального программного комплекса ABAQUS получена.
3. Расчетная огнестойкость при температурных полях, учитывающих включения арматуры подтверждена.
4. Получен опытный коэффициент запаса по огнестойкости для сжатых прямоугольных элементов, рассчитываемых с учетом теплопроводных включений арматуры: 1,18. Данный коэффициент может использоваться как дополнительный к расчетам – учитывающий резервы прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО 36554501-006-2006 Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций, М., 2006 - 78с.
2. Пособие по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций из тяжелого бетона СТО 36554501-006-2006, М. 2008.
3. МДС 21-2.2000 Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций, М., 2000 - 122с.
4. Корольченко Д.А., Холщевников В.В. Дифференциация концепции системного подхода к анализу городской среды // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 7. С. 44-51.
5. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций/НИИЖБ - М. Стройиздат, 1986 – 40 с.
6. Еврокод 1: Воздействия на сооружения - Часть 1-2: Основные воздействия – Воздействия на сооружения при пожаре. НСР ЕН 1991-1-2-2011).
7. Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
8. Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости.
9. Граник Ю. Г. Проблемные вопросы пожарной безопасности высотных зданий. сб. материалов международной конференции «Комплексная пассивная огнезащита высотных и многофункциональных зданий. 26 июня 2006 г. М., 231 с.
10. Korolchenko D.A., Sharovarnikov A.F. Heat balance of extinguishing process of flammable liquid by sprayed water // Advanced Materials Research. 2015. Т. 1070-1072. С. 1794-1798.
11. Кузнецова И. С, Рябченкова В. Г. Противопожарные нормы - основа пожарной безопасности зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2017. Ns 1. С. 35-38.
12. Korolchenko D., Tusnin A., Trushin S., Korolchenko A. Physical parameters of high expansion foam used for fire suppression in high-rise buildings, International Journal of Applied Engineering Research, Volume 10, Issue 21, 2015, Pages 42541-42548.
13. Милованов А.Ф., Соломонов В.В., Кузнецова И.С. Огнестойкость и огнесохранность зданий и сооружений // Промышленное и гражданское стро-ительство. 2002. NS 9. С. 39-40.
14. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. М. Стройиздат, 1998. 296с.
15. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий// Ассоциация «Пожарная безопасность и наука» М., 2001, 382с.
16. Орлов Г.Г., Корольченко Д.А., Ляпин А.В. Оптимизация требований к конструктивным и объемно-планировочным решениям при проектировании зданий и сооружений для взрывоопасных производств // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – № 11. – С.67-74

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРА ПРИ ВЗРЫВЕ ГАЗА В ПОМЕЩЕНИИ

Д.А. Корольченко¹, А.А. Евич²

ФГБОУ ВО «Национально-исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹da-vip@mail.ru

²evich.andrey25@gmail.com

Аннотация

Известны случаи возникновения пожаров после газовых взрывов в жилых зданиях. Определение условий возникновения таких пожаров позволит снизить пожарные риски за счет проведения исследований и разработки соответствующих мер. Предполагается, что факторами, влияющими на возникновения пожара, являются местоположение горючего материала в объеме помещения и местоположение источника воспламенения газовой смеси. Исследования проводились в кубической взрывокамере объемом 10 м³, заполненной пропан-воздушной смесью. Для оценки интенсивности термического воздействия газового взрыва на горючий материал использовались специально разработанные индикаторы с чувствительным элементом – волокнистым материалом с минеральными добавками. Определялась степень повреждения индикаторов после газового взрыва. Установлено, что опасность возникновения пожара зависит от местоположения горючего материала в объеме помещения, а также от местоположения источника воспламенения газовой смеси.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в жилом фонде происходят порядка 230 происшествий, связанных с использованием газа в быту. Среди основных причин взрыва газа выделяют следующие: утечка газа, взрыв газового баллона, неаккуратное обращение и перестановка газового оборудования [1]. При этом в среднем погибают 130 человек – 80 % в результате отравления угарным газом, 20 % в результате взрывов газозвушной смеси и пожаров [2], однако, из данных, полученных из СМИ, следует, что не каждый взрыв сопровождается пожаром. Взрыв, дополненный пожаром, усугубляет и без того тяжелую ситуацию, в связи с этим встает вопрос, об условиях возникновения пожара в помещении при газовом взрыве.

Во многих работах, например в [3], определены зависимости избыточного давления газового взрыва от места расположения источника воспламенения, однако, нам неизвестны работы и нормативные документы, в которых описаны пожароопасные характеристики газового взрыва в помещении. Предполагается, что термическое воздействие на горючий материал фронта пламени и продуктов сгорания газового взрыва в замкнутом объеме, при наличии сбросного проема, не равномерно и также зависит от места расположения источника воспламенения газовой смеси.

Цель работы – оценить интенсивность термического воздействия газового взрыва на горючий материал в различных точках помещения в зависимости от места расположения источника воспламенения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным показателем, характеризующим пожарную опасность материалов, является класс пожарной опасности, включающий в себя группу горючести, определяемую по [4]. Одним из критериев оценки пожарной опасности материала и причисления его к определенной группе горючести является степень повреждения по длине – процентное отношение длины повреждения материала к его номинальной длине. Поврежденной частью считается та, которая сгорела или обуглилась, при этом изменение цвета не считается повреждением,

однако, в работе [5] указывается, что данный параметр может являться следствием самостоятельного распространения материалом фронта пламени и, следовательно, учитываться как признак, характеризующий его пожарную опасность.

Экспериментально, используя стандартные методики, определить интенсивность термического воздействия газового взрыва проблематично, ввиду скоротечности процесса. Таким образом, для изучения условий возникновения пожара в помещениях при газовом взрыве целесообразно использовать материал с наиболее пожароопасными характеристиками (т.к. применение материалов с пожароопасными характеристиками никак не ограничивается в бытовых помещениях) с известной реакцией на термическое воздействие, которая в дальнейшем определяется по стандартным методикам. В качестве критерия оценки пожарной опасности, отвечающего требованиям скоротечности процесса, следует принять повреждение материала: изменение его цветовых характеристик.

Для оценки интенсивности термического воздействия взрыва использовалась камера кубической формы, объемом 10 м^3 , близкой по размерам к бытовому помещению. Внутри камеры размещались устройства – индикаторы, в количестве 35 штук. Индикатор представляет собой конструкцию, состоящую из чувствительного элемента и корпуса – металлического кольца и гнутой металлической полосы. Чувствительный элемент (ЧЭ) устанавливался (приклеивался) на металлическое кольцо корпуса индикатора. В качестве чувствительного элемента была применен волокнистый материал с минеральными добавками – бумага поверхностной плотностью 200 г/м^2 , толщиной $0,1 \text{ мм}$, размером $(90 \times 90) \text{ мм}$. Индикаторы размещались в камере с помощью металлических скоб в характерных точках по пяти сечениям, перпендикулярным оси камеры Z : на стенках, на потолке, в центре, вблизи сбросного проема, в углах. Начало системы отсчета находится в геометрическом центре стенки противоположной сбросному проему, ось Z направлена на сбросной проем. Система координат, а также схема расположения индикаторов представлена на рисунке 1.

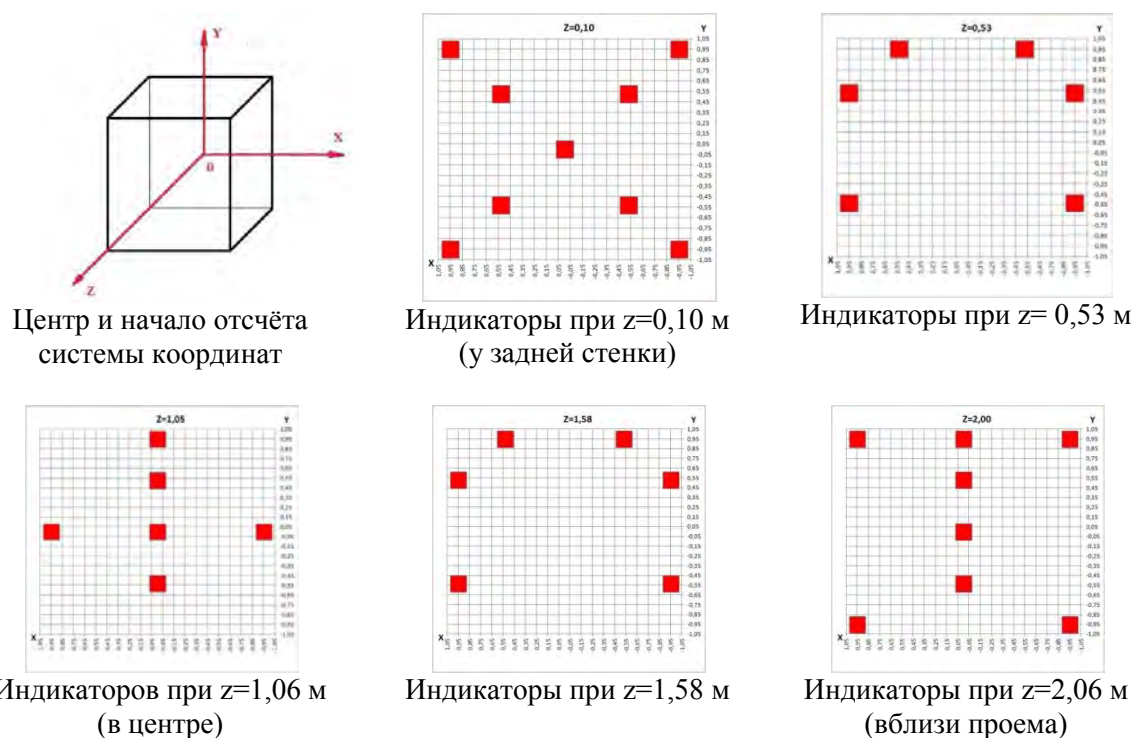


Рис. 1. Центр и начало отсчета системы координат и схемы расположения индикаторов

После размещения индикаторов проводилась процедура, направленная на обеспечение взрыва: установка источника зажигания, установка клапана многократного использования на сбросной проем камеры, заполнение объема камеры газом в количестве, обеспечивающем стехиометрическое соотношение газа и кислорода воздуха, перемешивание газа с

кислородом воздуха с помощью стационарного вентилятора, зажигание смеси – взрыв. Более подробно методика проведения экспериментов приведена в работах [6-8]. Всего было проведено 5 экспериментов с различным положением источника воспламенения газовой смеси.

После взрыва индикаторы извлекались из камеры, ЧЭ удалялись с корпусов индикаторов. Производилось сканирование ЧЭ и перевод их в электронное изображение. С помощью программы Adobe Photoshop полученное изображение делилось на пиксели, при этом определялась светлота каждого пикселя в диапазоне от 0 до 255 (где 0 – абсолютно темный цвет, 255 – абсолютно светлый цвет). По результатам подсчета уровня светлоты каждого пикселя определялось среднее значение светлоты изображения ЧЭ. Степень повреждения оценивалась по формуле:

$$d = \frac{(100 - S)}{(100 - S_{ce})},$$

где d – степень повреждения ЧЭ;

S – светлота ЧЭ после термического воздействия, %;

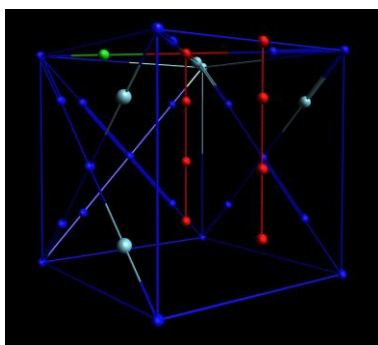
S_{ce} – светлота, при которой происходит самовоспламенение ЧЭ, установленная по [9], %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

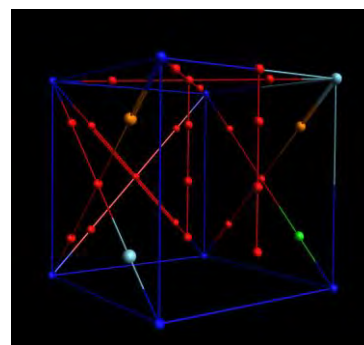
Зависимость степени повреждения ЧЭ индикатора от его места расположения во взрывокамере при различных местоположениях источника воспламенения представлялась в графической интерпретации, соответствующей схеме испытательной взрывокамеры: красная точка: степень повреждения – 1; оранжевая – от 0,80 до 0,99; зеленая – от 0,50 до 0,79; серая от 0,26 до 0,49; синяя – до 0,25. Указанные зависимости представлены на рисунке 2.



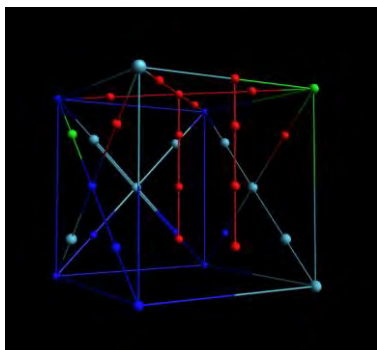
Общий вид взрывокамеры



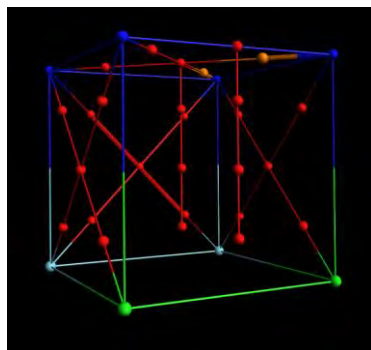
Источник воспламенения при $z=0,10$ м (у задней стенки)



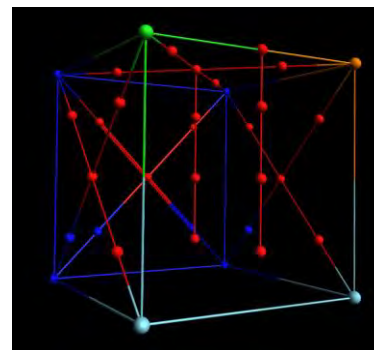
Источник воспламенения при $z=0,53$ м



Источник воспламенения при $z=1,06$ м (в центре)



Источник воспламенения при $z=1,58$ м



Источник воспламенения при $z=2,06$ м (вблизи проема)

Рис. 2. Общий вид взрывокамеры и графическая интерпретация зависимости степени повреждения ЧЭ от его места расположения при различном положении источника воспламенения газовой смеси

При установке источника воспламенения вблизи сбросного проема количество ЧЭ, степень повреждение которых равна 1, наибольшее. При установке источника воспламенения у задней стенки количество ЧЭ, степень повреждение которых больше 0,25, наименьшее. При любом расположении источника воспламенения степень повреждения ЧЭ, установленных на верхней грани взрывокамеры и вблизи сбросного проема, выше, чем при ином расположении ЧЭ.

Известно, что длительность взрыва возрастает при приближении источника воспламенения к сбросному проему [3], следовательно, возрастает время взаимодействия горючего материала с фронтом пламени и продуктами сгорания газового взрыва. Таким образом, расположение источника воспламенения у сбросного проема влечет за собой более пожароопасную ситуацию. Неравномерность термического воздействия газового взрыва по объему взрывокамеры заключается в следующем: пламя и продукты сгорания распространяются от источника воспламенения прежде всего к сбросному проему, поэтому время взаимодействия фронта пламени и продуктов сгорания с горючим материалом, расположенном по направлению движения продуктов взрыва, наибольшее. Также известно, что в силу действия сил Архимеда и «всплытия» горячих газов, пламя распространяется вверх быстрее, чем вниз [10], следовательно, в верхних точках взрывокамеры величина термического воздействия выше.

ВЫВОДЫ

Термическое воздействие на горючий материал фронта пламени и продуктов сгорания газового взрыва в замкнутом объеме, при наличии сбросного проема, не равномерно. Большому термическому воздействию подвергаются верхние и находящиеся вблизи сбросного проема точки помещения. Расположение источника воспламенения у задней стенки при газовом взрыве влечет за собой более опасную ситуацию с точки зрения возникновения пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чепегин И. В. Анализ причин аварий со взрывами природного газа // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №10. С. 245–248.
2. Сушко Е.А. О взрывах природного газа и их последствиях в многоэтажном жилом секторе // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. Выпуск 3(8). С.20–23.
3. Поландов Ю. Х., Добриков С. А. Влияние на развитие газового взрыва в помещении расстояния между местом воспламенения и окном// Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2019. Т. 28(3). С.14–35.
4. ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
5. Трушкин Д.В. Проблемы классификации строительных материалов по пожарной опасности. Часть 2. Сравнительный анализ экспериментальных методов по оценке пожарной опасности строительных материалов, принятых в России и странах Евросоюза. Определение горючести строительных материалов// Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2014. Т.23(4). С.31–37.
6. Поландов Ю. Х., Корольченко А. Д. Способ расчета концентрации газа в негерметичной емкости в процессе ввода газа// Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2018. Т.27(7-8) . С. 9–23.
7. Фам Н.Т., Василенко В.В., Корольченко Д.А. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2017. Т.26(12). С. 35–44.
8. Мишуев А.В., Казеннов В.В., Громов Н.В., Лукьянов И.А., Прозоровский Д.В., Бажина Е.В. Проектирование остекления зданий с учетом требований по взрывоустойчивости и взрывобезопасности// Вестник МГСУ. 2010. № 4-2. С. 51–55.
9. Поландов Ю.Х., Корольченко Д. А., Евич А. А. Условия возникновения пожара в помещении при газовом взрыве. Экспериментальные данные// Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т.29(№1). С. 9–21.
10. Xiao H., Makarov D., Sun J., Molkov V. Experimental and numerical investigation of premixed flame propagation with distorted tulip shape in a closed duct // Combustion and Flame. 2012. Vol.159, Issue 4. P.1523-1538.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ СКЛАДСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Д.А. Корольченко¹, Халлул Юнес²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹KorolchenkoDA@mgsu.ru

²younes.halloul1989@gmail.com

Аннотация

В исследовании проведен анализ 435 пожаров и взрывов в резервуарах для хранения нефти. Показано, что за последние сорок лет на промышленных объектах произошло 242 крупных аварии, работа которых связана с хранением нефти. Все статистические данные подтверждают важность изучения методов пожаротушения в целом, и особенно на нефтяных установках, из-за материальных потерь, экономического и экологического ущерба, а в некоторых случаях человеческих жизней. На основе анализа статистических данных, которые включали в себя: масштабы пожаров, площади объектов, на которых произошли чрезвычайные ситуации оборудования, источников возгорания, типов опасных материалов показано, что наиболее подверженной возгоранию зоной является зона погрузки и разгрузки нефтепродуктов, а наиболее подверженным риску возгорания оборудование – это резервуары для хранения нефтепродуктов. При этом пропорции источников возгорания распределены равномерно. Взрыв парового облака может быть наиболее распространенным типом аварии на складах нефтепродуктов, поскольку смесь воздуха и топлива является самой вероятной причиной возникновения пожара. Согласно анализу данных, более трети от общего количества аварий связаны с отказом оборудования и арматуры. В основном это связано с износом инфраструктуры нефтяных установок и отсутствием соответствующей культуры безопасности и знаний, необходимых для предотвращения крупных аварий и уменьшения их последствий. Это ясно дает понять, что большинства этих аварий можно было бы избежать, если бы проектирование, строительство, техническое обслуживание и эксплуатация были более практичными, а соответствующие программы управления безопасностью были разработаны и реализованы на раннем этапе.

Ключевые слова: Нефтяные резервуары, Пожары, Безопасность, Анализ, защитных преград

ВВЕДЕНИЕ

Нефтехимическая промышленность постоянно развивается, что приводит к росту спроса на сырую нефть. Ожидается, что добыча сырой нефти увеличится, чтобы обеспечить бесперебойные поставки нефти и нефтепродуктов. В настоящее время большие резервуары с плавающей крышей являются основными объектами для хранения сырой нефти. Из-за большого количества и большого размера этих резервуаров, если случится пожар, взрыв или другие чрезвычайные ситуации, то неизбежно это приведет к огромным экономическим потерям и плохому социальному влиянию, поэтому их безопасность особенно важна [12]. Все эти статистические данные подтверждают важность изучения методов пожаротушения в целом, и особенно на нефтяных установках, из-за материальных потерь, экономического и экологического ущерба, а в некоторых случаях человеческих жизней. Некоторые из справочных исследований, на которые мы опирались, касались пожаров, произошедших на нефтеперерабатывающих заводах, таких как НПЗ Скикда в Алжире [10]. Остальные были в огромных нефтяных резервуарах Китая [11,16]. Некоторые из них находятся на месторождениях нефти в Татарстане, Башкортостане и других регионах Российской Федерации [7]. Пожар, произошедший в 2001 году в Самотлорском месторождении вблизи г. Нижневартовск Ханты–Мансийского автономного округа–Югры [5] показал несовершенство

систем пожаротушения. В литературных источниках [9,13] были рассмотрены аварии в резервуарах с нефтью, бензин, пропаном, соляной кислотой по всему миру. Одна из статей посвящена вопросу преград, построенных вокруг нефтяных резервуаров, чтобы остановить процесс разлива, который происходит после разрушения и обрушения резервуаров [15]. Анализ пожаров и взрывов на нефтебазах показал, что они были в основном вызваны одними и теми же причинами, которые в большинстве случаев могли быть предотвращены, если бы проводились исследования по расчетам рисков возникновения чрезвычайных ситуаций. Анализ статистических данных о пожарах и взрывах на нефтебазах дал бы возможность определить наиболее опасные зоны, проблемные места на объектах и оборудовании, определить источники и основные причины возгорания, чтобы предложить рекомендации для улучшения управления безопасностью в будущем на нефтебазах [17].

Цель исследования заключается в анализе ошибок, которые приводят к опасным пожарам при эксплуатации хранилищ нефти и ее производных по всему миру и предложить решения, снижающие частоту этих аварий. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи: выявить причины возникновения пожаров на нефтехранилищах и их производных; объяснить наиболее частые причины (ошибки), которые приводят к возгоранию и возникающие в результате аварии убытки, предложить решения, которые могут уменьшить влияние этих аварий.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

На нефтяных хранилищах в Китае часто происходили пожары и взрывы, которые приводили к большим жертвам, серьезному загрязнению окружающей среды и большим экономическим потерям. В источнике [8] рассматриваются тематические исследования 435 пожаров и взрывов на нефтебазах в Китае с 1951 по 2013 год. На основе анализа времени возгорания, площади, объектов и оборудования, источников возгорания, типов веществ можно сделать вывод, что наиболее опасной областью является зона погрузки и разгрузки, а наиболее уязвимыми объектами и оборудованием – резервуары для хранения. Между тем пропорции источников возгорания настолько равномерно распределены, что предотвращение пожара и взрыва должно быть в равной степени сосредоточено на нескольких факторах воздействия. Взрыв парового облака является наиболее распространенным типом аварии на нефтебазах, доминирующая причина аварии не соблюдение правил охраны труда.

Результаты анализа информации о наиболее опасных зонах и уязвимых местах на объектах и оборудовании при пожаре и взрыве показывают, что это зоны погрузки, разгрузки нефтепродуктов и резервуарах для их хранения. Кроме того, различные источники возгорания изучают, чтобы выяснить являются ли они источником аварии. Топливо-воздушная смесь составляет наибольшую долю в аварийных веществах, поэтому взрыву парового облака следует уделять больше внимания, а предотвращение взрыва будет основной проблемой безопасности на нефтебазах. Анализ аварий показывает, что безответственность в управлении объектами доминирует среди всех причин, поэтому самое важное в предотвращении аварий это выполнение всех инструкций в повседневной работе, а управление безопасностью должно быть приоритетным направлением деятельности на протяжении всего периода работы на нефтебазах. Что касается нефтеперерабатывающих заводов, то у нас есть статистический анализ зарегистрированных аварий, связанных с нефтегазоперерабатывающим заводом Скикда в Алжире [2], которые привели к серьезном взрывам и гибели людей. Наши тематические исследования были проанализированы с целью понимания общих причин, включая ошибки, которые привели к катастрофическим событиям. Анализ частоты несчастных случаев был применен к различным типам первичных случайных событий, такие как пожары, взрывы и выбросы токсичных газов, для оценки потенциального ущерба от таких событий и вероятности возникновения такого ущерба вновь. Основными принципами анализа является использование доступной информации и самых подробных исследований, чтобы проиллюстрировать, какие выводы отрасль должна

сделать после этих чрезвычайных ситуаций, чтобы в будущем предотвратить подобные крупные аварии.

Согласно принятой классификации, более трети от общего числа несчастных случаев связано с отказом оборудования. Это происходит главным образом из-за ухудшения фактической инфраструктуры нефтеперерабатывающего завода или нефтебазы и отсутствия надлежащей культуры безопасности и соответствующих знаний, необходимых для предотвращения крупных аварий и минимизации их последствий. Большинство из этих аварий можно было бы избежать, если бы практиковалось внедрение лучших инженерных разработок, техническое обслуживание и эксплуатация, а на раннем этапе были внедрены и выполнены адекватные программы управления безопасностью. Это исследование дает четкое представление об извлечении уроков из прошлой истории несчастных случаев, что важно для будущих безопасных операций по переработке нефти, причем не только на конкретном нефтеперерабатывающем заводе, но и в нефтеперерабатывающей промышленности в целом. Согласно представленным данным и результатам анализа этих данных, извлеченные уроки могут быть достигнуты путем совершенствования технологий безопасности, а также разработки и установки системы обнаружения пожаров самого высокого уровня. Проведение регулярных проверок систем управления и, в частности, сосредоточение внимания на проблемах, связанных с пожарами, путем установления связей для реагирования в чрезвычайных ситуациях с соответствующими внешними учреждениями и поднятие тревоги является важной частью обучения технике безопасности, равно как и использование противопожарного оборудования. Такое обучение также должно соответствовать самым высоким стандартам. В ходе исследования были обнаружены доказательства того, что работникам не хватало осведомленности о безопасности в отношении противопожарной защиты, и они не обладали общими знаниями, чтобы эффективно вести себя в случае пожара. Ниже приведены предложения по более эффективному решению этой проблемы: внедрение систематического процесса оценки для эффективного выбора правильного уровня сотрудника;

укрепление образования в области безопасности и профессиональной компетентности путем обучения всех сотрудников, но особенно операторов, работающих на живых системах; принятие во внимание влияние условий окружающей среды при проектировании технологического оборудования и выборе правильных материалов; повышение безопасности и надежности интерфейса машины для повышения эксплуатационной надежности.

Серьезные пожары могут быть вызваны ударами молнии в крупные нефтяные резервуары. Предложена методология количественной оценки пожарного риска. На основании предыдущих случаев пожара были предложены три категории сценариев пожара [11-13]: пожарные аварии на уплотнении обода, пожарные аварии над плавающей крышей, пожарные аварии при перфорации поплавкового поддона. В этом исследовании [1,14-16] разработана методология количественной оценки риска различных аварий и форм, вызванных молнией в области масляного бака. Сначала аналогичные случаи пожара были рассмотрены и проанализированы, предложены три типичных сценария аварии: пожарные аварии на ободке, пожары и несчастные случаи над плавающей крышей и пожарные перфорации поплавка. Далее было построено общее дерево событий от несчастных случаев, вызванных молнией, с учетом влияния расположенной поблизости пожарной команды. Вероятность прямого повреждения/перфорации при ударе молнии, отказ противопожарной системы защиты и пожарная команда, прибывающая вовремя, были рассчитаны с помощью анализа дерева событий и вероятностных методов. Наконец, вероятности пожара уплотнения обода, локального пожара в бассейне и пожар на полной поверхности, вызванный тремя различными сценариями аварии. Поскольку нефть и химические продукты являются основными ресурсами в нашей жизни и считаются одними из самых важных базовых элементы устойчивого развития, растущий спрос на опасные химические вещества привели к

значительному увеличению риска для человека и окружающей среды [6, 17-19]. Подобные опасные химические вещества могут нанести вред людям и имуществу в зоне аварии. Возможные опасности зависят как от естественных природных причин, так и от количества используемого химического вещества. Следовательно, важно провести обоснованный и адекватный анализ опасностей нефтехранилища для определения возможных сценариев, приводящих к ущербу для жизни и собственности, а также обеспечивает четкую картину для лиц, принимающих решения, которые должны быть удовлетворены уровнями безопасности резервуарного парка. Анализ опасностей является важным процессом и играет жизненно важную роль в исследованиях, связанных с опасным обращением химических веществ. Идентификация опасностей является начальным шагом в любом процессе анализа и включает выявление всех возможных аварий на объекте. Определенные опасности можно анализировать с помощью многих инструментов, таких как дерево отказов. Это систематический и дедуктивный подход, который фокусируется на опасных исходах (главном событии) и развивается дальше к основным причинам (нижнее событие), которые приводят к нежелательным результатам. Дерево отказов также широко используется при анализе опасностей в различных складских помещениях. Это графический и индуктивный инструмент, который представляет все конечные последствия, возникающие в результате конкретного исходного события, с учетом состояний неудача/успех и установленных барьеров безопасности. Частота аварий может быть оценена, если данные об их возникновении и исходные события известны. В противном случае его можно получить из таких баз данных как OGP или HSE. Основными целями данного исследования являются:

профилактические цели для предоставления всех возможностей, которые помогают предотвратить несчастные случаи и травмы в резервуарном парке для хранения сырой нефти;

защитные цели для обеспечения защиты рабочих, оборудования и поддерживать безопасность на рабочем месте.

Результаты проведенной оценки показывают, что наиболее значимыми причинами пожаров, взрывов и аварий являются образование легковоспламеняющегося облака и ограничение между облаками. Второй критический фактор – плохая вентиляция, за которой следуют утечки нефти. Выявленным критическим причинам необходимо уделять больше внимания, чтобы свести к минимуму вероятность и смягчить последствия тяжести происшествий. Один из исследователей [16] изучил причины пожаров в резервуарах, которые используются для хранения больших объемов горючих химических веществ на нефтехимических и химических заводах. Когда происходит пожар в хранилище, авария обычно приводит к потерям имущества на миллион долларов, а также к серьезным негативным социальным последствиям. В последние несколько лет несколько пожаров в резервуарах и несчастных случаев были вызваны схожими причинами. Например, пожар и взрыв, произошедшие в нефтехимическом районе Ланьчжоу 7 января 2010 года, были похожи на пожар и взрыв сжиженного нефтяного газа (СНГ), который произошел в Сиане в 1998 году: утечка произошла в сливной трубе, над которой был ненадлежащий уход и не были вовремя предприняты необходимые меры. Взрывы произошли, когда горючий газ встретил открытое пламя, а затем ряд взрывов произошел в смежных резервуарах [6,20]. Целью данной статьи является использование прошлого несчастного случая, где мы можем выявить основные причины отказа танков и сосредоточиться на использовании этих уроков, особенно на основных причинах аварии, что поможет предотвратить отказы хранилища в будущем

Наш анализ показывает, что основные причины танковых аварии включают в себя плохую конструкцию, то есть (а) аварии на соседних танках можно предотвратить с помощью лучшего макета, и (б) выпуск труб, вентиляционных отверстий и уплотнений может быть предотвращены улучшением характеристик;

плохие рабочие процедуры, т.е. (а) техническое обслуживание и ошибки оператора могут быть предотвращены с помощью увеличения качества работы и обучения и (б) погрузочные и

разгрузочные аварии предотвращаются с улучшением этих процедуры и обучением персонала;

плохое управление: все причины несчастных случаев могут быть исключены внедрением практики, такой как аудиты, чтобы (а) проверить, что проекты используют соответствующие стандарты, (б) проверить, что процедуры обслуживания и эксплуатации адекватны, и (с) убедиться, что процедуры технического обслуживания и эксплуатации ведутся в соответствии с нормами как.

Все пожары в резервуаре могут быть предотвращены с помощью улучшения проектирования, технического обслуживания, эксплуатации и внедрением управленческих практик и аудита. Одним из успешных методов структуризации происшествий и их причин является Диаграмма Исикавы или диаграмма «рыбьей кости» (англ. Fishbone Diagram), или причинно-следственная диаграмма (англ. Cause and Effect Diagram), или диаграмма анализа корневых причин — один из основных инструментов измерения, оценивания, контроля и улучшения качества производственных процессов [5,21,22]. Она применяется для анализа причин. 242 аварии резервуаров, которые произошли на промышленных объектах за последние 40 лет. Результаты показывают, что 74% аварий произошли на нефтеперерабатывающих заводах, нефтяных терминалах или в хранилищах. Пожар и взрыв составляют 85% несчастных случаев. Было 80 несчастных случаев (33%), вызванных молнией и 72 (30%), вызванных человеческими ошибками, включая плохую работу и техническое обслуживание. Другими причинами были отказ оборудования, саботаж, трещины и разрывы, утечки и разрывы линий, статическое электричество, открытое пламя и т.д. Большинство этих аварий можно было избежать, если бы применялись хорошие инженерные решения

Во второй половине XX века произошел резкий скачок роста строительства предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей промышленности. Вместе с ростом предприятий происходило и повышение их концентрации, усложнение технологических процессов и производств, что повлекло за собой увеличение количества обращающихся на данных объектах горючих газов, горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Все это привело к ухудшению пожароопасной обстановки и увеличению количества крупных техногенных аварий. Произошедшие аварии современности отличаются катастрофическими масштабами, огромным ущербом для экологии и экономики страны, а также высокой смертностью и травматизмом. предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности характерны аварийные ситуации, такие как полное или частичное разрушение технологических аппаратов и установок, пожар пролива, образование токсичных облаков, взрыв топливоздушнoй смеси и иные опасные ситуации. Несмотря на ужесточение законодательной базы в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности, в нашей стране по-прежнему наблюдается высокая аварийность среди объектов нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей. Высокая аварийность, прежде всего, связана с низким качеством технологического оборудования, подверженного коррозионному и механическому износу, а также наличием в исходном сырье большого количества сернистых соединений, присутствующих в больших количествах в нефти Татарстана, Башкортостана и других регионов Российской Федерации. Для снижения числа аварий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей промышленности, в первую очередь, необходимо знать первоисточник или причину, в результате которой произошло чрезвычайное происшествие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными причинами возгорания нефтяных резервуаров являются:

- плохая конструкция некоторых резервуаров, утечки из труб, вентиляционных отверстий и плавающих поверхностей;

- неправильные рабочие процедуры и ошибки технического обслуживания во время аварий, а также при погрузке и разгрузке;
- плохое управление и неправильный надзор.

74% аварий за последние 40 лет произошли на нефтеперерабатывающих заводах, нефтяных компаниях и в хранилищах. Пожары и взрывы являются причиной 85% аварий.

Взрыв парового облака является наиболее распространенным типом аварий в нефтяных резервуарах, поскольку смесь воздуха и топлива с источником возгорания является самой большой причиной пожара.

Пожары случаются часто, и полезно изучить сценарии после пожара, чтобы бороться с утечками и разливами в результате пожара и разрушения хранилищ нефти (это касается барьеров, построенных вокруг нефтяных резервуаров для удержания разливов материалов в случае разрушения нефтяного резервуара).

Неправильно организованное охлаждение стенок горящего резервуара с ЛВЖ может привести к ускоренному образованию прогретого поверхностного слоя и может осложнить процесс тушения пожара.

Для улучшения требований безопасности к эксплуатации складских зданий и сооружений для хранения нефтепродуктов, предлагается:

1. Усовершенствование конструкции резервуаров и их арматуры, включая плавающие крыши и форточки. Важность вентиляционных отверстий для выпуска инертного газа и предотвращения искрового воспламенения.
2. Преграды, построенные вокруг резервуаров, должны быть достаточно устойчивыми, чтобы избежать внезапных разливов и удерживать разлившийся материал в чрезвычайных ситуациях, которые возникают после пожара и разрушения нефтяных резервуаров.

ВЫВОДЫ

Благодаря этому исследованию мы достигли желаемых целей, но считаем, что мы должны глубоко изучить проблемы пожаров в нефтяных резервуарах и соблюдать требования безопасности при работе в них из-за их воздействия на экономику стран и компаний. Несмотря на многочисленные исследования, мы до сих пор видим катастрофические последствия пожаров в нефтяных резервуарах. Также мы считаем, что требуется сконцентрировать усилия на изучении способов предотвращения аварийного разлива жидкостей при разрушении резервуаров и проблемах устойчивости противопожарных преград резервуарных парков при разрушении вертикальных резервуар из-за их важности для смягчения последствий пожара и предотвращения его передачи на соседние резервуары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Halloul Y., Chiban S., Awad A., Adapted fuzzy fault tree analysis for oil storage tank fire, Energy Sources. 2018. С. 948-958.
2. Chettouh, S., Hamzi, R., & Benaroua, K. Examination of fire and related accidents in Skikda Oil Refinery for the period 2002-2013. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol. 41, 2016. С. 186-193.
3. Краснов А.В., Садыкова З.Х., Пережогин Д.Ю., Мухин И.А., Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг. «Нефтегазовое дело» No 6. Уфа. 2017. С. 197-191
4. Керимов У.А., Анализ влияния охлаждения стенок резервуаров струями воды на процесс горения и тушения легковоспламеняющихся жидкостей при низких температурах окружающей среды. Проблемы науки, Иваново: Олимп. 2017. С. 34-38.
5. Chang J., Chung Lin C., 2006, A study of storage tank accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2006. С.51-59
6. Ibrahim1 H. A., Syed H. S., Hazard Analysis of Crude Oil Storage Tank Farm, International Journal of ChemTech Research, Vol.11 No.11, 2018. С. 300-308.
7. Wang D., Zhang P., Chen L., Fuzzy fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 26, Issue 6. 2013. С. 1390-1398.
8. Zhou Y., Zhao X.G., Zhao J.Y., Chen D. Research on fire and explosion accidents of oil depots. Chemical Engineering Transactions. 2016. С. 163-168

9. Швырков С.А., Горячев С.А., Швырков А.С., Актуальные вопросы нормирования требований пожарной безопасности к защитной стенке нефтяных резервуаров типа "стакан в стакане", "Технологии техносферной безопасности" Выпуск № 3 (67), М: Академия ГПС МЧС России. 2016. С. 56-63.
10. Брамов Ю.А., Басманов А.Е., Нагрев резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара. «Пожаровзрывобезопасность». Т. 16 № 3. М: Пожнаука. 2007. С. 36-42.
11. Dongyin, W., Zhen, C. Quantitative risk assessment of fire accidents of large-scale oil tanks triggered by lightning. sciencedirect. Vol. 63, 2015. С. 172-181.
12. Корольченко Д.А., Азатян В.В., Горшков В.И., Шебеко Ю.Н., Навценя В.Ю., Яшин В.Я. Основные факторы, определяющие воздействие газоаerosольных огнетушащих составов на процессы горения // Пожаровзрывобезопасность. 1997. Т. 6. № 4. С. 3-6.
13. Korolchenko D.A., Sharovarnikov A.F. Heat balance of extinguishing process of flammable liquid by sprayed water // Advanced Materials Research. 2015. Т. 1070-1072. С. 1794-1798.
14. Басманов А.Е., Михайлюк А.А., Локализация пожаров в резервуарах с нефтепродуктами, (протокол № 12 от 2011 г). Харьков: НУГЗУ, 109 с.
15. Будыкина Т.А. и др., Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. Т. 25 № 1. М: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов». 2017. С. 132—144
16. Korolchenko D., Voevoda S. Influence of dispersion degree of water drops on efficiency of extinguishing of flammable liquids, MATEC Web of Conferences Volume 86, 2016, DOI: 10.1051/matecconf/20168604056.
17. Korolchenko D., Voevoda S. Influence of spreading structure in an aqueous solution-hydrocarbon system on extinguishing of the flame of oil products, MATEC Web of Conferences, Volume 86, 2016, DOI: 10.1051/matecconf/20168604038.
18. Демехин, Ф.В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с защитной стенкой. СПб: Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России. № 1. 2015. С. 34-40.
19. Shi L., Shuai J., Xu K., Fuzzy fault tree assessment based on improved ANP for fire and explosion accidents for steel oil storage tanks, Journal of Hazardous Materials Volume 278. 2014. С. 529-538.
20. Маркеев В.А., Воевода С.С., Корольченко Д.А. Противопожарная защита объектов резервуарного парка ОАО «НК «Роснефть» технологии // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 9. – С. 83-85
21. Керимов У.А., Смирнов В.А., Захаров Д.Ю., Волков О.Г., Бочкирев А.Н., Оценка эффективности тушения пожаров в резервуарных парках с помощью стационарных робототехнических комплексов, Вестник Воронежского института ГПС МЧС России №2(23). Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России. 2017, С. 59-63
22. Zheng B, Chen G.H. Storage tank fire accidents. Process Safety Progress. Volume 30. No.3. 2011. С. 291-293.

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ОСТАТОЧНОЙ ТРЕЩИНЫ В СЖАТОЙ ЗОНЕ БЕТОНА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

С.О. Курнавина¹, И.В. Цацулин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹sofyk@yandex.ru

²ilya.vladimirovich.t@mail.ru

Аннотация

Пластические деформации арматуры при малоцикловых знакопеременных воздействиях большой интенсивности типа сейсмических приводят к возникновению остаточных трещин в сжатой зоне бетона. Наличие этих трещин приводит к уменьшению рабочей высоты сечения, что существенно сказывается на несущей способности изгибаемых железобетонных элементов на последующих циклах нагружения. В действующих нормах РФ по сейсмостойкому строительству предполагается развитие пластических деформаций в элементах конструкций. Они учитываются при определении нагрузок путем введения понижающего коэффициента K_1 , но не учитывается их влияние на прочность железобетонных элементов. В статье рассматривается влияние несомкнутых трещин в сжатой зоне бетона изгибаемых железобетонных элементов на их несущую способность при различных процентах армирования и коэффициентах пластичности K_{pl} . По результатам расчетов получены данные о несущей способности изгибаемых железобетонных элементов с имеющимися остаточными трещинами в сжатой зоне бетона. Предложен приближенный метод определения глубины остаточной трещины в сжатой зоне бетона в зависимости от коэффициента пластичности в первом цикле нагружения. Проведено сравнение результатов расчета по предложенному методу с результатами нелинейного расчета конечно-элементных моделей на знакопеременную нагрузку. Дана оценка влияния несомкнутых трещин в сжатой зоне бетона изгибаемых железобетонных элементов на их несущую способность при различных процентах армирования и коэффициентах пластичности.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире приборами регистрируется около 100 тыс. подземных толчков в год, ежегодно всему земному шару происходит около 100 сильных землетрясений, но только о нескольких из них становится широко известно. Около 25% территорий РФ являются сейсмоопасными, причем около трети из них приходится на регионы, отнесенные с сейсмичностью 7–8 баллов и выше. В связи с этим развитие новых и уточнение существующих методов расчета строительных конструкций на сейсмические воздействия является наиболее важной задачей, позволяющей с достаточной точностью оценить возможность конструкций сопротивляться различного характера сейсмическим воздействиям [1, 2, 3].

Практически основная часть зданий и сооружений рассчитывается на сейсмические нагрузки спектральным методом. В действующих нормативных документах РФ по сейсмостойкому строительству предполагается возможность развития пластических деформаций в арматуре и местных повреждений при сейсмических воздействиях. Однако их наличие в расчетах спектральным методом учитывается только на этапе определения сейсмических нагрузок путем введения понижающего коэффициента K_1 [4].

Расчет железобетонных элементов на прочность не учитывает развитие пластических деформаций и, как следствие, наличие остаточных трещин в сжатой зоне бетона при смене знака усилия. Но как показали результаты расчетов, остаточные несомкнутые трещины существенно снижают рабочую высоту сечения и уменьшают его несущую способность на последующих циклах нагружения. При значительной глубине несомкнутых трещин

возможно хрупкое разрушение изгибаемых элементов при воздействии обратного знака [5, 6].

МЕТОДИКА

– НДС сечения в момент достижения максимального прогиба:

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние изгибаемого элемента в момент достижения максимального прогиба. Для простоты вычислений пренебрегаем работой растянутого бетона и предполагаем, что деформации сечения и их любые приращения подчиняются гипотезе билинейных сечений (рис. 1) [5].

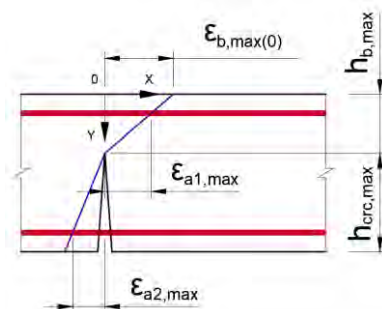


Рис. 1. Распределение деформаций по высоте сечения в момент достижения максимального прогиба

Высоту сжатой зоны бетона в момент достижения максимального прогиба $h_{b,max}$ можно найти из уравнения равновесия продольных сил в сечении:

$$N_b + N_{a1,max} + N_{a2,max} = 0 \quad (1)$$

Далее рассмотрим напряженно-деформированное состояние в момент разгрузки.

– НДС сечения в момент разгрузки:

При разгрузке сечение получает приращение кривизны $\delta\chi$ обратного знака, которое должно уменьшить до нуля усилия в бетоне сжатой зоны и арматуре, пренебрегая работой растянутого бетона. Полагаем, что разгрузка всех слоев бетона происходит по прямым, параллельным касательной в начальной точке диаграммы « σ – ϵ ». При этом в бетоне и арматуре остаются некоторые остаточные деформации (рис. 2).

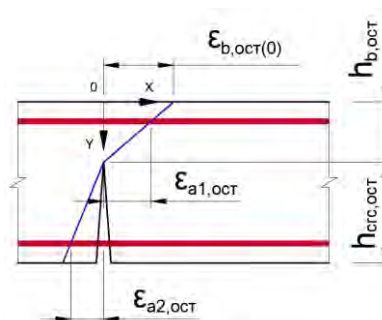


Рис. 2. Распределение деформаций по высоте сечения в момент разгрузки

Условие равновесия всех сил на продольную ось в приращениях:

$$\delta N_b + \delta N_{a1} + \delta N_{a2} = 0 \quad (2)$$

Из этого условия можно выразить глубину остаточной трещины на момент разгрузки $h_{crc,ост}$.

– НДС сечения в момент начала раскрытия трещины при нагружении обратного знака:

Рассмотрим НДС элемента в процессе нагружения обратного знака. При нагружении обратного знака НДС сечения имеет сложный характер. Введем ряд упрощений.

Очевидно, что полное смыкание трещины происходит при определенной величине сжимающих напряжений по их берегам. Кроме того, скорость раскрытия трещины в

растянутой зоне опережает скорость ее смыкания в сжатой зоне [5]. Поэтому в запас прочности величину остаточной трещины и рабочую высоту сечения будем определять на момент начала раскрытия трещины на противоположной грани балки.

Предполагаем, что смыкание имеет место, когда скомпенсированы остаточные деформации обратного знака, и слой бетона включается в работу на сжатие (рис. 4б). Дальнейшее деформирование сечения после начала раскрытия трещины в растянутой зоне приведет в возникновению сжимающих напряжений, достаточных для надежного смыкания берегов остаточной трещины.

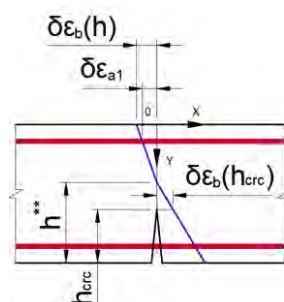


Рис. 3. Распределение деформаций по высоте сечения в начала раскрытия трещины после смены знака внутренних усилий

Предполагаем, что приращение деформаций происходит относительно некоторого мгновенного положения нейтральной оси h^{**} (рис. 3). В момент начала раскрытия трещины в растянутой зоне деформации растянутого бетона достигают предельного значения.

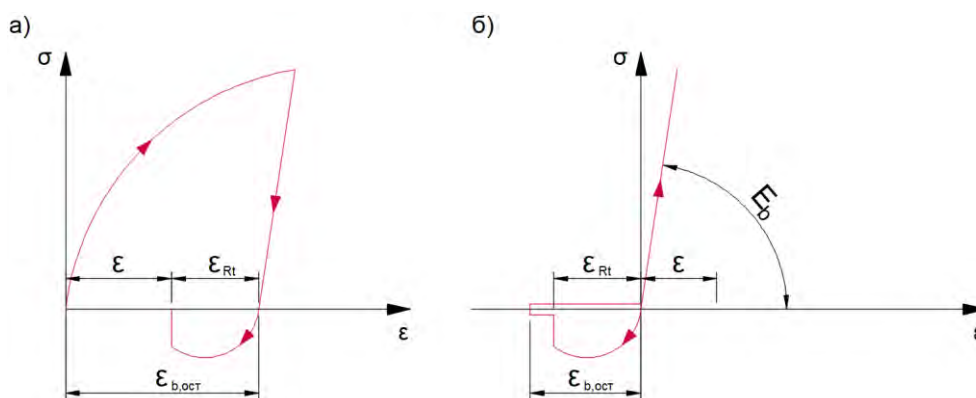


Рис. 4. Зависимость « $\sigma - \epsilon$ » при смене знака внутренних усилий:
а – в бетоне сжатой зоны, б – в бетоне растянутой зоны

Предположим, что вершина несомкнутой трещины лежит в слоях, которые на предыдущем цикле испытывали только растяжение. В этом случае бетон сжатой зоны включится в работу, когда будут скомпенсированы остаточные растягивающие деформации.

Глубина остаточной трещины в сжатой зоне h_{crc} в момент начала раскрытия трещины на противоположной грани:

$$h_{crc} = \frac{\left(\frac{k_{pl,a} - 1}{h_{crc,ocm} - a} \right) \cdot \frac{R_{sn}}{E_s} \cdot h_{crc,ocm} - \frac{\epsilon_{Rt}}{(h - h^{**})} \cdot A \cdot h^{**}}{\left(\frac{k_{pl,a} - 1}{h_{crc,ocm} - a} \right) \cdot \frac{R_{sn}}{E_s} - \frac{\epsilon_{Rt}}{(h - h^{**})} \cdot A} \quad (3)$$

Величину h^{**} можно найти из условия равенства нулю приращения всех продольных сил $\Sigma \delta N = 0$:

$$\delta N_b + \delta N_{bt} + \delta N_{a1} + \delta N_{a2} = 0 \quad (4)$$

Зная глубину остаточной трещины в сжатой зоне бетона, можно определить остаточную рабочую высоту сечения на последующих циклах нагружения.

Для оценки применимости упрощенного метода определения глубины остаточной трещины и для анализа ее влияния на несущую способность изгибаемого элемента на последующих циклах, были проведены расчеты в КЭ комплексе Abaqus.

При моделировании диаграмм материалов были использованы нормативные характеристики бетона и арматуры в соответствии с [11]. Бетон моделировался объемными конечными элементами. Для описания его работы использовалась модель с разрушением "concrete damaged plasticity". Данная модель учитывает образование и раскрытие трещин при растяжении, сжатии и срезе, а также теорию прочности бетона Г.А. Гениева. Модель является континуальной, основанной на пластическом поведении и учитывающей образование и накопление повреждений.

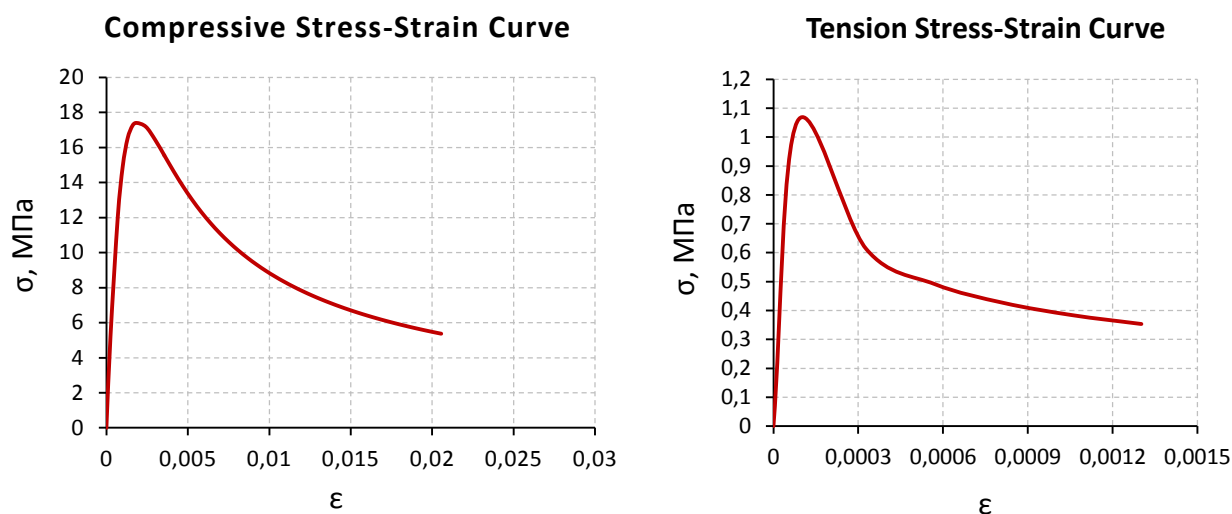


Рис. 5. а) Расчетные диаграммы « $\sigma - \varepsilon$ » в Abaqus для бетона B25 при осевом сжатии и растяжении соответственно, с мнимой ниспадающей ветвью

Для моделирования арматуры была использована полная среднестатистическая диаграмма растяжения стали A500 по [8]. Балки моделировались высокоточными конечными элементами C3D10M (tetra mesh). Нагружение моделировалось при помощи заданной контрольной точки (Tools – Reference point) монотонно возрастающей сосредоточенной силой (Concentrated force) на две грузораспределительные пластины (Constraint – Coupling).

Для предотвращения проскальзывания арматуры в теле бетона, во всех расчетных моделях предусмотрена анкерная пластина, приваренная к концам стержней. Сварка моделировалась с помощью соединений (Fasteners) с предельным напряжением, соответствующим разрыву сварного шва. Моделирование контакта всех элементов между собой осуществлялось с помощью алгоритма невязки (Penalty). Зоны контактов были заданы непосредственно между бетоном и металлическими пластинами.

В качестве одного из критериев разрушения принят резкий скачок прогибов балки в середине пролета. Известно, что разрушение бетона, как неоднородного материала, носит не хрупкий характер – перемещения нарастают с ускорением по криволинейной зависимости, поэтому в качестве второго явного критерия разрушения принята зависимость нагрузки от параметра повреждения сжатой зоны бетона (DamageC).

Образцы нагружались монотонно возрастающей нагрузкой, но до конкретного значения k_{pl} в первом полуцикле, после чего проводилась разгрузка, а затем балки нагружались нагрузкой

обратного знака до полного разрушения. По результатам расчета строилась зависимость относительной глубины остаточной трещины на момент образования трещины при нагружении обратного знака от процента армирования при различных коэффициентах пластичности арматуры на первом полцикле нагружения. По результатам расчетов оценивалась глубина несомкнутых трещин на несущую железобетонных изгибаемых элементов на последующих циклах нагружения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 6 представлена зависимость относительной высоты остаточной трещины, образованной на первом полцикле нагружения, в момент раскрытия трещины на втором полцикле, от процента армирования, результаты представлены для сечения с симметричным армированием.

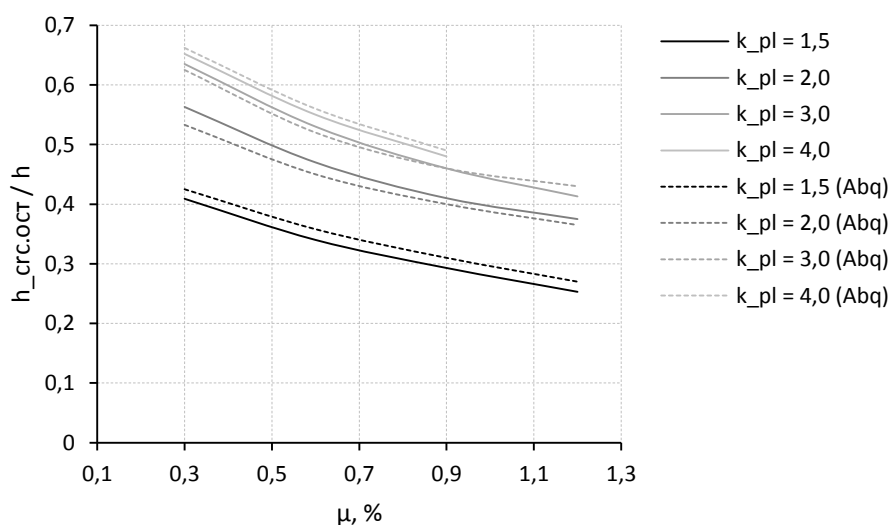


Рис. 6. Зависимость относительной высоты остаточной трещины от процента армирования при различных коэффициентах пластичности

ВЫВОДЫ

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

Вследствие развития пластических деформаций в растянутой арматуре при знакопеременных воздействиях большой интенсивности во время нагружения обратного знака имеют место остаточные трещины в сжатой зоне бетона. Их наличие приводит к уменьшению рабочей высоты сечения и к существенному (до 40%) снижению несущей способности изгибаемых элементов на последующих циклах нагружения.

Предложен приближенный метод определения глубины остаточных трещин, возникающих при смене знака усилий вследствие пластических деформаций арматуры. При симметричном армировании и при различных величинах коэффициента пластичности этот метод дает удовлетворительную сходимость с более точными методами расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abakanov M.S. Low-cycle strength of reinforced concrete constructions of frame buildings under action of loads like seismic. Alma ATA: АО «KazNIIS», 2016. 132 p.
2. Абаканов М.С. Прочность железобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях типа сейсмических // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 5. С. 30-34.
3. Garnitstky V.I., Golda Yu.L., Kurnavina S.O. Damage development process in reinforced concrete frame under the action of seismic loads // proceedings of the III All Russian (II International) Conference on concrete and reinforced concrete «Concrete and reinforced concreted – glance at future», Volume II, Moscow, 2014.

4. СП 14.13330.2018 "Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменением N 1).
5. Kurnavina S.O., Grachev A.N. Criterion of through crack formation in reinforced concrete structures under cyclic bending// Building and reconstruction. pp 24-31. № 5 (79). 2018.
6. S.O.Kurnavina, I.V.Tsatsulin The influence of open cracks in compressed area of concrete on behaviour of bending elements of frame buildings under special alternating loads// Modelling and Methods of Structural Analysis, Journal of Physics: Conference Series 1425 (2020) 012037 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012037.
7. Силантьев А.С. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям с учетом влияния продольного армирования. Дисс. ... канд.техн.н. М., 2012.
8. Мадатян С.А. Арматура железобетонных конструкций. М. Воентехлит. 2000, 256 с.
9. Курнавина С.О., Цацулин И.В. Влияние пластических деформаций на работу изгибаемых элементов при сейсмических воздействиях // Технология текстильной промышленности. сс 228-233. № 5 (383). 2019.
10. Semina Yu. A. The strength of reinforced concrete beam elements under cyclic alternating loading and low-cycle load of constant permanent sign// Vestik MGSU Vol 9. pp. 36-50 ISSN 1997-0935. 2015.
11. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1)
12. Жарницкий В.И., Курнавина С.О. Энергетический метод определения поля направлений трещин в железобетонных балках // Технология текстильной промышленности. сс 213-216. № 5, 2018.

МИТИГАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА НЕКОТОРЫХ СООРУЖЕНИЯХ

А.А. Лаврусевич¹, В.П. Хоменко², Ю.Н. Лукьянова³,
И.А. Лаврусевич⁴, Т.С. Алешина⁵, А.Й. Тодорова⁶

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, lavrusevich@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема взаимодействия сооружения и окружающей среды. Жизненный цикл сооружения от идеи и комплексных изысканий до ликвидации, зависит от гармоничного расположения и взаимодействия сооружения с окружающей средой. Приводится понятие митигации, как комплекса мер по уменьшению риска при возникновении опасного инженерно-геологического процесса (суффозия, подземная эрозия, растепление грунтов). Своевременная фиксация начала опасного инженерно-геологического процесса и незамедлительные мероприятия по блокировке его развития, как правило, сохраняют сооружения. Например, если изменения происходящие в основании сооружения в процессе строительства или эксплуатации не были своевременно замечены, результатом этого может явиться локальное или полное разрушение объекта. На примере двух объектов расположенных в разных странах и в различных климатических условиях, построенных в разные годы показано, как отсутствие мониторинга состояния объекта и непринятие своевременных митигационных мероприятий, привело в одном случае к разрушению сооружения и социальному ущербу (погибло 5 человек), во втором - к возникновению чрезвычайной ситуации с огромным экологическим ущербом. В первом случае рассматривается прорыв дамбы водохранилища Сардоба в Узбекистане в мае 2020г, во втором – разрушение емкости хранения зимнего топлива(солярки) ТЭЦ в городе Норильске в мае 2020г. И в одном и в другом случаях, был необходим комплекс митигационных мероприятий, который мог бы не только значительно уменьшить риск за счет проработки мер по увеличению готовности к чрезвычайным ситуациям, но и полностью предотвратить их развитие. Служба инженерно-геологического (геоэкологического) мониторинга состояния объектов, могла при очередном обследовании зафиксировать появление воды в основании шестого пикета стены дамбы Сардобинского водохранилища или начальную стадию деформаций бетонного основания резервуара зимнего топлива ТЭЦ-3, и принять своевременные действия по локализации процессов подземной эрозии и просадки и предотвратить аварии на объектах. «Экономия» на содержании подобных служб и контроля их работы, привела в первом случае к гибели людей, во втором к экономическому ущербу в 150 млрд. рублей и колоссальному экологическому ущербу.

ВВЕДЕНИЕ

Митигация — термин, происходящий от английского слова mitigate, что означает «смягчать», «уменьшать», «облегчать» последствия какого-либо действия. Митигация это действия по уменьшению риска при реализации какой-либо опасности. Это комплекс мер, в том числе долгосрочных, который охватывают все действия предпринимаемые до наступления катастрофы и направленные на уменьшение риска и увеличение готовности к какой-либо чрезвычайной ситуации. То есть, если имеется потенциальная угроза возникновения катастрофы (чрезвычайной ситуации), нужно попытаться смягчить ее негативные воздействия, сделав сооружение и социум связанный с ней менее уязвимым и способным противостоять этой катастрофе с нанесением минимального ущерба. Еще несколько десятилетий назад на катастрофы смотрели так, как в XVII, XVIII начале XIX века на серьезную и неизлечимую болезнь, то есть как на нечто непредсказуемое, достойное сожаления и являющееся частью повседневного риска. Экспоненциальный рос населения,

урбанизация, повышенная плотность населения в местах возможного проявления опасных процессов на земном шаре повышают риск катастроф и усугубляют их последствия. Тем не менее, накопление опыта, систематическое научное исследование того, что происходит до и во время чрезвычайной ситуации (катастрофы), показывает, что многие из них можно было предотвратить. Существует множество способов смягчить последствия возможной катастрофы, аварии, конфликта или даже предотвратить их.

В митигационные меры входит широкий круг защитных мероприятий включающий два основных типа: пассивные и активные. Пассивные митигационные мероприятия осуществляются до начала проявления опасного процесса, как в период строительства, так и эксплуатации сооружения, а активные – в условиях, когда на сооружение уже произошло воздействие опасного процесса[1]. К пассивным митигационным мероприятиям относятся архитектурно-планировочные (безопасное размещение объекта, форма объекта в плане в зависимости от геоморфологических условий и др.), конструктивные (специальные конструкции фундаментов и различные конструктивные схемы), контролирующие (мониторинг изменений факторов окружающей среды). К активным митигационным мероприятиям относятся предупреждающие, управляющие и препятствующие. Характер защиты может быть: профилактический, оперативный или комплексный. Например, регулярные визуальные наблюдения (обходы) объекта и обследования в виде простейших опытов и измерений в целях не только констатации, но и выяснения возможных причин возникновения дефектов и начальных стадий опасных процессов. Наличие КИА (контрольно-измерительной аппаратуры) на обследуемых объектах не всегда является гарантом благополучия общего состояния объекта, так как ряд показателей и признаков неблагоприятного состояния сооружения не фиксируется КИА и может быть зарегистрирован только визуальными наблюдениями (например, фиксация проявлений выходов суффозионного выноса грунта из тела дамбы, локальных деформаций и др.) [2,3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим два примера, когда вовремя проведенные митигационные мероприятия могли бы предотвратить катастрофу.

1. Узбекистан. Около 6 часов утра 1-го мая 2020 года в основании шестого пикета западной стены дамбы высотой 28,8 м Сардобинского водохранилища произошел прорыв воды, который через небольшой промежуток времени привел к образованию крупной промоины (прорана), а затем более чем 150 метровый размыв стены дамбы. Водоохранилище запроектировано на хранение почти 1 км³ воды (рис.1). В результате размыва дамбы на орошаемые поля Сырдарьинской области и соседнего Казахстана было сброшено более 1/3 объема водохранилища (более 300 миллионов м³ воды). Дамбу Сардобинского водохранилища начали возводить в 2010 году на территории водотока центральной сети Южно-Мирзачульского канала и завершили в 2017 году (рис.2). Рассматривая космоснимки территории разных годов, мы наблюдаем последовательные стадии строительства дамбы и постепенное заполнение ложа водохранилища водой (рис.2). При более детальном разборе снимков (программа Google Earth Pro) видно, что западная зона Сардобинской дамбы строилась в последнюю очередь, когда в восточной части водохранилища уже происходил набор воды. Что же способствовало развитию ситуации, которая в конечном итоге привела к катастрофе? По всей видимости, контроль за состоянием сооружений и оснований в период строительства и эксплуатации, который предписан КМК 2.06.05-98 был осуществлен не на должном уровне. В состав контрольных наблюдений включены систематические визуальные наблюдения за состоянием креплений и местными деформациями откосов и гребня плотины, водосбросных кюветов, появлением выходов профильтровавшейся воды, появление зон высачивания (увлажнение грунта в виде грифонов) и последующая струйная фильтрация в нижней части поверхности низового откоса и др.(рис.3) [3].



Рис. 1. Место прорыва воды в районе 6-го пикета Сардобинского водохранилища (Узбекистан). Фото (<https://storage.kun.uz/source/6/h7sUjgiotdeCRalzGiQXvXuG8RpVYL5a.jpg>).

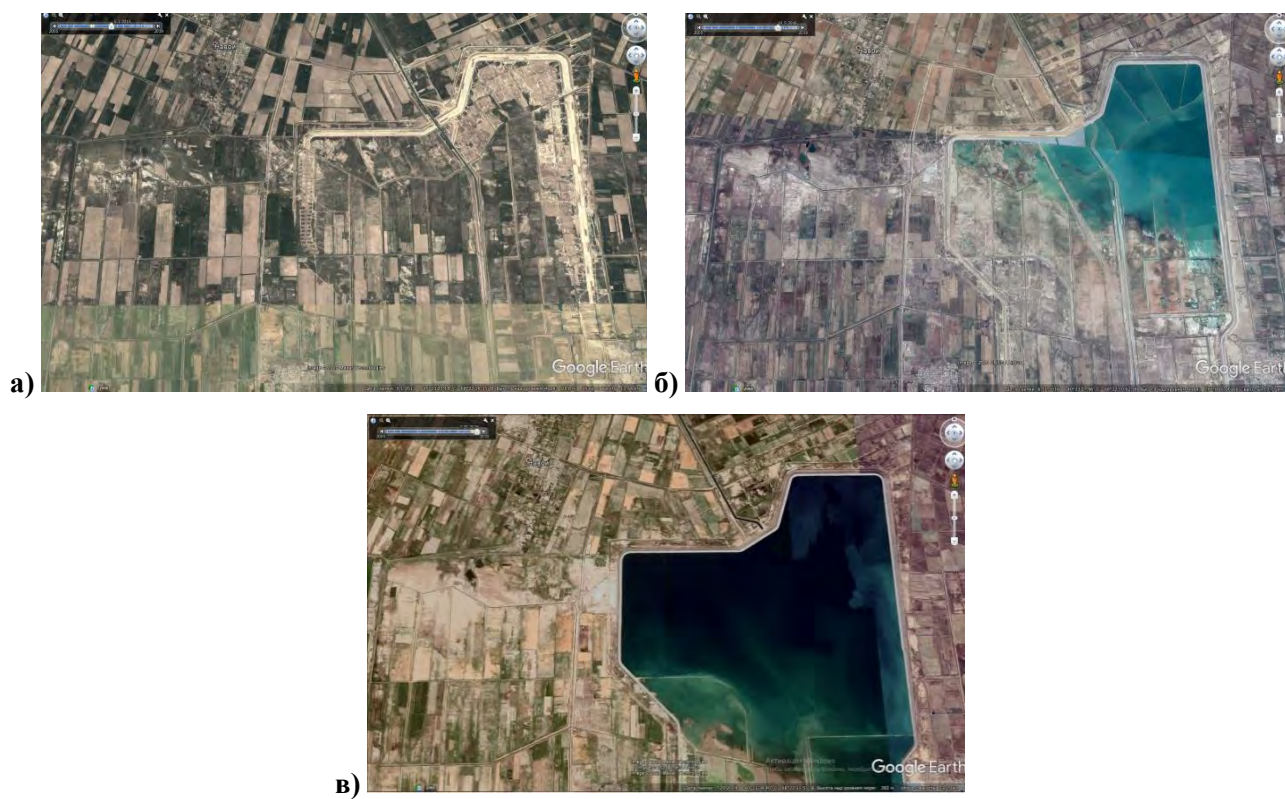


Рис. 2. а) Начало строительства Сардобинской дамбы (снимок 05.01.2013 года)
 б) Строительство и частичное заполнение Сардобинского водохранилища (снимок 06.11.2016 года)
 в) Практически полное Сардобинское водохранилище (снимок 07.02.2019 года)



Рис. 3. Вероятный сосредоточенный очаг фильтрации в основании низового откоса Сардобинской дамбы, как начальная стадия развития подземной эрозии [3].

Развитие суффозионно-эрозионного хода в основании дамбы в районе 6-го пикета могло вызвать деформацию бермы и внешнего откоса дамбы за счет возникновения растягивающих и касательных напряжений в грунтовом массиве. Могли появиться локальные осадки и трещины. Трещины могли быть продольными вдоль оси плотины и поперечными. Своевременная фиксация трещин, осадок поверхности бермы и систематические наблюдения за их раскрытием могли быть одним из сигналов необходимости принятия срочных противосуффозионных и последующих противоэрозионных мероприятий.

2. Россия. Норильск. 29 мая 2020 на территории ТЭЦ-3 Норильско-Таймырской энергетической компании (НТЭК, входит в группу "Норникель"), из-за внезапного проседания опор получил повреждения резервуар зимнего дизельного топлива, в результате произошла утечка 21 тысячи тонн нефтепродуктов, из которых 6 тысяч тонн на 180 тыс. м² грунта и 15 тысяч тонн попало в водоемы(рис.4).



Рис.4. Схема района аварии на ТЭЦ-3 Надеждинского металлургического комбината Норильско-Таймырской энергетической компании. Звездочкой показано местоположение резервуара, где произошла утечка топлива.

В результате аварии нефтепродукты попали в реки Далдыкан, Амбарная и их притоков, которые впадают в озеро Пясино, загрязнен грунт площади района ТЭЦ-3 и прилегающих

территорий [5]. При изучении обстоятельств аварии специалистами было выдвинуто предположение, что причиной проседания опор стало оттаивание грунта в месте расположения резервуара [6].

Подземные льды и многолетнемерзлые породы — динамичные образования. Высокая льдистость пород продолжает существовать наряду с неустойчивой термодинамикой обстановки современного этапа развития биосферы. Система сложная, очень хрупкая и сбалансированная и стоит лишь немного измениться климатическим условиям, растительному покрову или рельефу поверхности — и мерзлотные условия начинают перестраиваться [7].

В месте расположения промышленного предприятия оттаивание грунта ускоряется за счет его теплового воздействия, а также за счет загрязнения почвы и воды отходами производства.

Необходим мониторинг состояния многолетнемерзлых пород в зоне расположения промышленных объектов. После утечки топлива на ТЭЦ-3 высказывались предположения, что причиной аварии могло стать таяние вечной мерзлоты и разрушение бетонного основания и как следствие, возникшие растягивающие напряжения и лопнувшая емкость или колебания грунта за счет просадки, которые раскатали жидкость в хранилище. Для изучения причины и последствий аварии, по приглашению руководства ПАО «ГМК «Норильский никель», Сибирским отделением Российской академии наук (РАН) была направлена на Таймыр Большая Норильская экспедиция. В ее состав вошли ученые 14 институтов Сибирского отделения РАН. По ее итогам ученые подготовят предложения и рекомендации по наилучшим природосберегающим решениям для деятельности промышленных компаний в Арктическом регионе. Экспедиция рассчитана на пять месяцев - с июля по ноябрь 2020 года. Специалисты должны исследовать уровень промерзания и температуру грунта под топливным хранилищем ТЭЦ-3 Норильска. Провести работу по определению температуры в трех десятках ранее пробуренных скважин. Кроме того, пробурены три новые скважины. Первая скважина была заложена на участке, где были относительно не нарушенные техногенным воздействием условия. Это фоновая скважина, для проведения сравнения результатов. Вторая скважина - в долине ручья, где предполагалось фиксировать последствия после разлива. И третья скважина непосредственно на площадке, метрах в 50 от цистерны, где произошел разлив. Проведены наблюдения за температурой в скважинах, изучены результаты бурения - по льдистости, по литологическому составу и другим параметрам. Проведены замеры температуры на разных глубинах - от пяти до 15 метров, маршрутные исследования, выявлено возможное техногенное влияние на криогенные процессы на поверхности. 20 августа 2020 года полевые работы по изучению состояния вечной мерзлоты на месте разлива топлива, произошедшего в мае на ТЭЦ-3 в Норильске, завершились. Теперь ученым предстоит в течение примерно двух месяцев в лаборатории в Якутске создать картину мерзлотной обстановки в районе ТЭЦ-3 с помощью результатов измерений, ландшафтных наблюдений, информации, полученной при помощи космических снимков. Заключительные выводы о влиянии таяния вечной мерзлоты на аварию будут сделаны вместе с учеными Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения РАН, которые ранее проводили геофизическое обследование территории ТЭЦ-3 в Норильске[6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя ситуации, которые возникли на описываемых объектах можно с большой уверенностью предположить, что была возможность уменьшить возникшие социальные и материальные риски. Высачивание воды в виде грифонов в нижней части низового откоса свидетельствовали о неблагополучии фильтрационного контура в районе 6-го пикета дамбы Сардобинского водохранилища. Просадка грунта в основании емкости хранения зимнего топлива ТЭЦ - 3 Норильско-Таймырской энергетической компании и возникшие после этого

деформации, также наглядно демонстрировали увеличение опасности и уязвимости сооружения. В первом и втором случаях своевременное обнаружение начальных стадий негативных процессов и **активные митигационные** мероприятия могли предотвратить катастрофы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврусевич А.А., Хоменко В.П. Инженерная защита территорий, пораженных лёссовым псевдокарстом//Вестник МГСУ-М.-2012. -№10.- С.213-221.
2. КМК 2.06.05-98. Плотины из грунтовых материалов / Госкомархитектстрой РУз. - Ташкент, 1998г. -136 стр.
3. Рекомендации по проведению визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах. П 72-2000.ВНИИГ.СПб.2000г.
4. Свод правил СП 39.13330.2012. "Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84".
5. Сайт ПАО ГМК «Норильский никель» <https://www.nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news/aon-tek-likvidiruet-posledstviya-intsidenta-na-rezervuare-khraneniya-dizelnogo-topliva-tets-/?datestart=46800&dateend=1597093199&type=releases>
6. Сайт ПАО ГМК «Норильский никель» <https://www.nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news/khod-rabot-po-likvidatsii-avarii-obnovlyaetsya/?type=releases>
7. Котляков В.М. «Мир снега и льда»// «Наука» 1994//125с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ С СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИМ СКОЛЬЗЯЩИМ ПОЯСОМ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

О.В. Мкртычев¹, С.Р. Мингазова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, salima.mingazova@yandex.ru

Аннотация

В данной статье затронуты вопросы применения системы активной сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента, для обеспечения сейсмостойкости здания и сооружения. Исследуемый в данной работе вид сейсмозащиты является более простым в устройстве, экономически выгодным и не менее эффективным по сравнению широко применяемыми резинометаллическими опорами (РМО). В настоящее время рассматриваемая система сейсмоизоляции не имеет адекватной математической модели, описывающую ее работу в системе здание-сейсмоизоляция-фундамент-основание.

Эффективность применения сейсмоизолирующего скользящего пояса для обеспечения сейсмостойкости конструкции исследовалась на примере монолитного железобетонного здания различной этажности (3, 5, 9, 16 этажей). В результате проведенных расчетов были получены относительные перемещения и ускорения, интенсивность напряжений в наиболее нагруженном элементе конструкции, изополя перемещений, изополя интенсивности напряжений. Анализ полученных результатов показывает эффективность применения сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Около 30% населения России проживает в сейсмически активных зонах, где существует вероятность возникновения землетрясения высокой интенсивности. Поэтому обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений, строящихся в сейсмоопасных районах, является актуальной и практически значимой задачей в строительстве. Для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений применяют пассивные и активные методы сейсмозащиты. В настоящее время основными являются пассивные методы сейсмозащиты. Однако применение данного метода не всегда эффективно: при увеличении сечения несущих элементов конструкции увеличивается ее суммарная масса, что может привести к увеличению инерционных сил, следовательно, и к увеличению внешнего сейсмического воздействия. В ряде случаев целесообразно применять активные методы сейсмозащиты.

Существуют различные системы активной сейсмозащиты [1-4], среди которых наиболее популярным в настоящее время является сейсмозащита в виде резинометаллических опор (РМО). Исследуемая в данной работе сейсмозащита в виде скользящей опоры в уровне фундамента является более простой в устройстве и в обслуживании, экономически выгодной и не менее эффективной. Однако для данной системы в настоящее время отсутствуют в полном объеме необходимые расчетные обоснования.

Разработкой и исследованием активных систем сейсмозащиты занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Проблеме обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений посвящены труды Я.М. Айзенберга [1,5], Ф.Ф. В.С. Плевкова и А.И. Мальганова [6], Г.А. Джинчвелашвили [2] и О.В. Мкртычева [7], А.М. Уздина [8], Дж. М. Келли [9], Н. Кани [10] и других ученых [15-19]. Вопросам сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса посвящены труды В.П. Чуднецова и Л.Л. Солдатова [11], В.Д. Кузнецова и Чэнь Сятин [12] и показывают эффективность применения сейсмозащиты такого типа. Эффективность применения рассматриваемого вида сейсмозащиты была доказаны многими экспериментальными исследованиями. Однако до сих пор остаются малоизученными

вопросы в части разработки адекватных математических моделей и соответствующих методик расчета.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Снижение сейсмического воздействия на здания и сооружения при использовании сейсмоизоляции достигается путем введения в конструкцию здания специальных конструктивных элементов – сейсмоизоляторов (Рис.1.а, б), благодаря чему конструкция становится более податливой, что позволяет снизить пиковые ускорения системы [13]. Рассмотрим пример системы сейсмозащиты с устройством скользящего пояса (Рис.2).



Рис. 1. а) деформированная схема неизолированного здания при сейсмическом воздействии; б) деформированная схема изолированного здания при сейсмическом воздействии

Основой работы сейсмоизоляции в виде скользящего пояса в уровне фундамента является устройство системы скольжения, которая включает компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений. В качестве компонента минимизации трения используют различные материалы: эластичное покрытие графит, нержавеющую сталь, фторопластовые пластины (PTFE) и др. В исследованиях качестве компонента минимизации трения рассматривались фторопластовые пластины (PTFE). При превышении суммарной инерционной силы определенного значения в опорных элементах сейсмоизолирующего устройства возникает проскальзывание, что ведет к снижению пиков ускорения в системе.

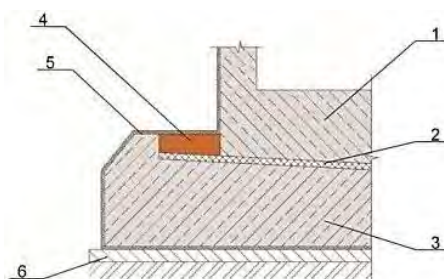


Рис. 2. Схема сейсмоизолирующего скользящего пояса: 1) нижняя часть здания в уровне фундамента 2) фторопластовые пластины 3) фундамент 4) демпфер (песок крупный) 5) гидроизоляция 6) бетонная подготовка

При решении задачи рассматривалось следующее дифференциальное уравнение, которая в матричной форме имеет вид [14]:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = \mathbf{f}^a \quad (1)$$

Рассмотрим решение задачи прямым динамическим методом с использованием явной схемы интегрирования:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}_t + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}}_t + \mathbf{K}\mathbf{u}_t = \mathbf{f}_t^a \quad (2)$$

Для ускорений, скоростей и перемещений будем иметь:

$$\mathbf{a}_t = \mathbf{M}^{-1}(\mathbf{f}_t^{ext} - \mathbf{f}_t^{int}) \quad (3)$$

$$\mathbf{v}_{t+\Delta t/2} = \mathbf{v}_{t-\Delta t/2} + \mathbf{a}_t \Delta t \quad (4)$$

$$\mathbf{u}_{t+\Delta t} = \mathbf{u}_t + \mathbf{v}_{t+\Delta t/2} \frac{\Delta t_t + \Delta t_{t+\Delta t}}{2} \quad (5)$$

В качестве объекта исследования использовалось монолитное железобетонное здание различной этажности (3, 5, 9, 16 этажей) с сейсмоизоляцией (Рис.3) и без нее на жестком основании. Конструктивная схема здания – перекрестно-стеновая. Пространственная жесткость обеспечивается совместной работой стен и ядер жесткости с дисками монолитных перекрытий. Несущие конструкции выполнены из бетона класса В25, рабочая арматура класса А500. Высота типового этажа – 3,0 м. Длина здания – 24,7 м, ширина – 19,8 м, высота: 12,9 м; 18,9 м; 30,9 м; 51,9 м. Стены и ядра жесткости – толщиной 0,2 и 0,25 м. Плиты перекрытий – 0,22 м. Балки перекрытий – прямоугольного сечения 0,4x0,56 м. Интенсивность сейсмического воздействия 8 баллов по шкале MSK-64.

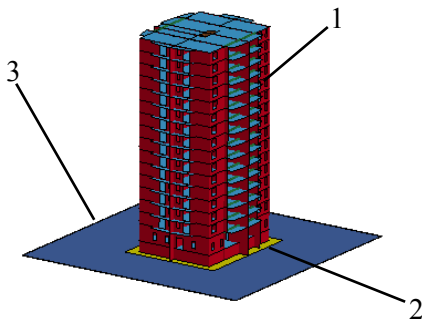


Рис. 3. Конечно-элементная схема здания: 1-здание; 2- контактная поверхность, моделирующая сейсмоизолирующий пояс; 3-жесткий фундамент

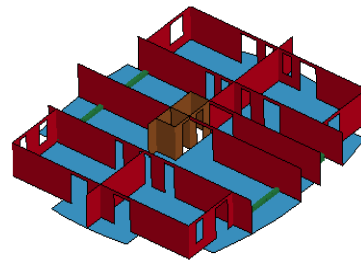


Рис.4. Конечно-элементная схема типового этажа здания

Расчет выполнен с помощью прямого нелинейного динамического метода в многоцелевом конечно-элементном программном комплексе LS-DYNA. В расчетной схеме применялись стержневые и пространственные конечным элементом оболочки. Ниже приведена однокомпонентная акселерограмма внешнего сейсмического воздействия (Рис.5).

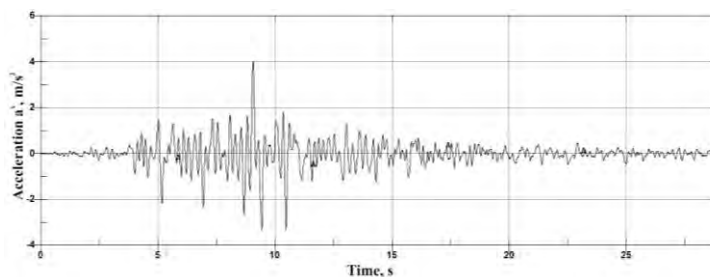


Рис.5. Акселерограмма (компонента X)

Выполнен анализ результатов работы железобетонного монолитного здания различной этажности с сейсмозащитой и без нее при сейсмическом воздействии. Ниже представлены основные результаты проведенного исследования: графики относительных перемещений и ускорений по оси X, интенсивности напряжений и сравнительная таблица результатов для всех рассматриваемых этажностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже приведены графики относительного перемещения (Рис.6) и ускорения (Рис.7) по оси X верхней точки 9-ти этажного железобетонного здания и график интенсивности напряжений (Рис.8) в наиболее нагруженном элементе 1 яруса 9-ти этажного здания, картины с изополями перемещений и интенсивности напряжений (Рис.9, 10), а также сравнительная

таблица полученных результатов для всех рассматриваемых этажностей (Табл.1). На графиках представлены результаты для здания с сейсмоизоляцией и без сейсмоизоляции.

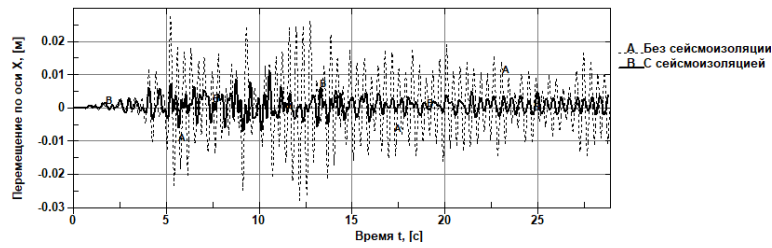


Рис. 6. Перемещение верхней точки 9-ти этажного здания относительно фундамента по оси X, [м]

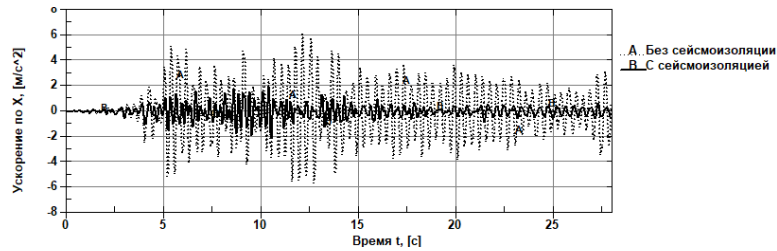


Рис. 7. Ускорение верхней точки 9-ти этажного здания относительно фундамента по оси X, [м/с²]

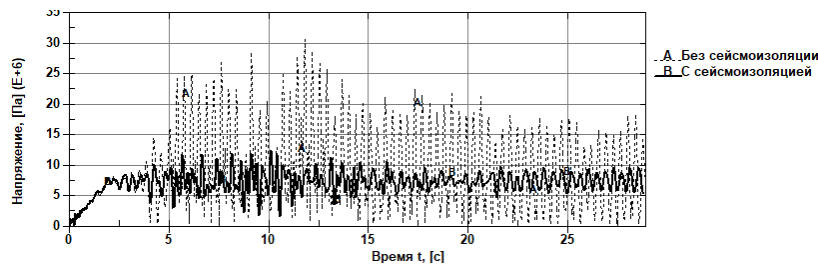


Рис. 8. Интенсивность напряжений в наиболее нагруженном элементе 1-го этажа 9-ти этажного здания, [Па]

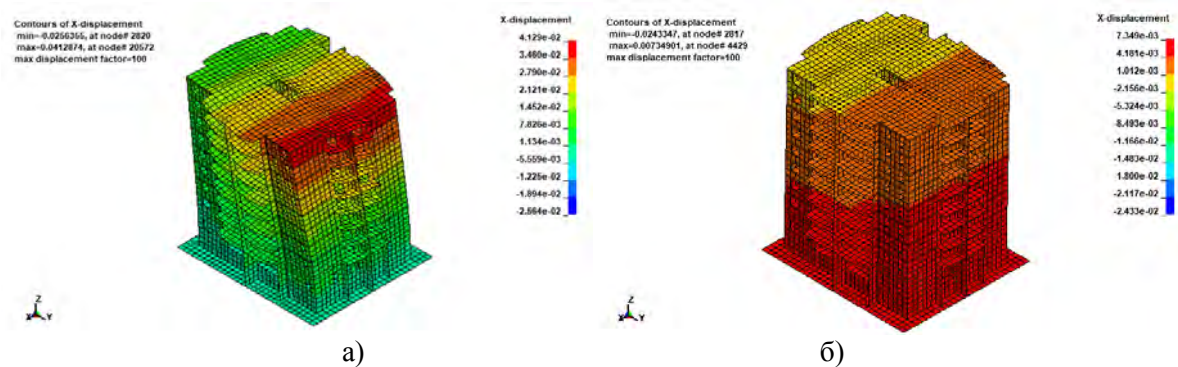


Рис. 9. Картина с изополями перемещений в момент времени $t=9c$ 9-ти этажного здания: а) без сейсмоизоляции; б) с сейсмоизоляцией, [м]

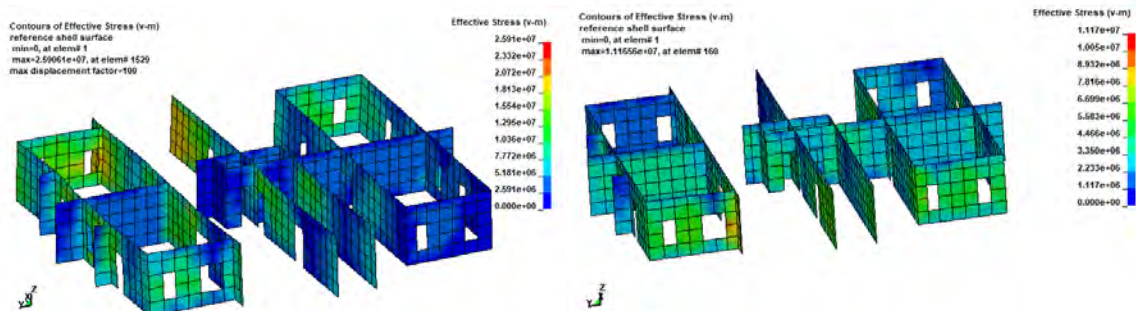


Рис.10. Картина с изополями интенсивности напряжений для 1 яруса 9-го здания:
 а) без сейсмоизоляции б) с сейсмоизоляцией, [Па]

Таблица 1. Сравнительная таблица результатов для зданий с сейсмоизоляцией и без сейсмоизоляции

№ п/п	Наименование	Этаж	Без сейсмоиз.	С сейсмоиз.	Отношение значений
3 этаж					
1	Макс. знач. относительного перемещения $Dx_{\max} \cdot 10^{-3}$, [м]	-	1,588	0,424	3,75
2	Макс. знач. ускорения верхней точки здания a_{\max}^x , [м/с ²]	-	0,364	2,055	0,17
3	Макс. знач. интенсив. напряж. в наиболее нагруженном элементе стены S_{\max} , [Па] 10^7	1	0,345	0,261	1,32
		3	0,227	0,124	1,83
4	Макс. знач. перемещения верх. точки этажа относительно его низа $Dx_{эт, \max} \cdot 10^{-3}$, [м]	1	0,432	0,118	3,66
		3	0,348	0,154	2,26
5 этажей					
1	Максим.знач. относительного перемещения $Dx_{\max} \cdot 10^{-3}$, [м]	-	8,384	1,953	4,29
2	Максим.знач. ускорения верхней точки здания a_{\max}^x , [м/с ²]	-	2,702	2,068	1,31
3	Максим. знач.интенсив. напряж. в наиболее нагруженном элементе стены S_{\max} , [Па] 10^7	1	0,808	0,505	1,60
		5	0,331	0,239	1,38
4	Максим. знач. перемещения верхней точки этажа относительно его низа $Dx_{эт, \max} \cdot 10^{-3}$, [м]	1	1,006	0,189	5,32
		5	1,554	0,381	4,08
9 этажей					
1	Макс. знач. относительного перемещения $Dx_{\max} \cdot 10^{-3}$, [м]	-	19,917	9,845	2,03

2	Макс. знач. ускорения верхней точки здания a_{\max}^x , [м/с ²]	-	4,189	2,898	1,45
3	Макс.знач.интенсивности напряжения в наиболее нагруженном элементе стены s_{\max} , [Па] $\cdot 10^7$	1	1,932	1,122	1,72
		9	0,799	0,454	1,76
4	Макс. знач.перемещения верхней точки этажа относительно его низа $Dx_{\text{эт,макс}}$ $\cdot 10^{-3}$, [м]	1	0,947	0,353	2,68
		9	2,291	1,199	1,91
16 этажей					
1	Макс.знач.относительного перемещения Dx_{\max} $\cdot 10^{-3}$, [м]	-	0,108	0,040	2,70
2	Макс. знач. ускорения верхней точки здания a_{\max}^x , [м/с ²]	-	7,724	3,375	2,28
3	Макс. знач.интенсивности напряжения в наиболее нагруженном элементе стены s_{\max} , [Па] $\cdot 10^7$	1	4,482	2,014	2,23
		16	1,595	0,604	2,64
4	Макс. знач. перемещения верхней точки этажа относительно его низа $Dx_{\text{эт,макс}}$ $\cdot 10^{-3}$, [м]	1	2,368	0,781	3,03
		16	7,548	2,636	2,86

ВЫВОДЫ

Результаты исследования показывают, что применение сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента повышает сейсмостойкость здания. Применение данной системы сейсмоизоляции позволяет уменьшить сейсмическое воздействие на наземную часть здания на балл и более. Анализ результатов исследования показывают, что данный вид сейсмозащиты эффективен, как для здания небольшой этажности (3 этажа), так и для здания повышенной этажности (16 этажей).

Для вывода об эффективности применения сейсмоизолирующего скользящего пояса для снижения внешних сейсмических воздействий на здание и ее степени, необходимо производить исследования конкретного здания с учетом параметров сейсмического воздействия с решением задачи нелинейным динамическим методом.

Предложенный подход обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружения является практически приемлемым и не требует существенных затрат на антисейсмические мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов // Москва: Строиздат. 1976. 232 С.

2. Джинчвелашвили Г.А.Бунов А.А. Study of lead rubber bearings operation with varying height buildings at earthquake // *Procedia Engineering*. 2014. Vol.91. PP. 48-53.
3. Мкртычев О.В., Бунов А.А. Надежность железобетонных зданий с системой сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор при землетрясении // Москва: Издательство АСВ. 2016. 121 С.
4. Бунов А.А. A research on Performance Efficiency of Rubber Metal Support Structures // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 269 (2017) 012067. DOI:10.1088/1757-899X/269/1/012067.
5. Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т., Грановский А.В., Смирнов В.И., Чигрин С.И. Сейсмическая безопасность: исследования, нормы, проектирование // *Промышленное и гражданское строительство*. 2007. №3. С. 22-25.
6. Плевков В.С., Мальганов А.И. Железобетонные и каменные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений // Издательство Ассоциации строительных вузов. 2010. 290 С.
7. Мкртычев О.В. Безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях // Монография. Москва. 2010. 152 С.
8. Уздин А.М., Сандович Т.А., Самих Амин Аль-Насер-Мохомад. Основы теории сейсмостойкого строительства зданий и сооружений // Санкт-Петербург: Издательство ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1993. 176 С.
9. Дж.М. Келли. Базовая изоляция в Японии, 1988 // Отчет национального научного фонда. Отчет № UCSB/EERC-88/20. Калифорнийский университет в Беркли. 1991. 90 С.
10. Кани Н. Современное состояние сейсмоизолирующего проектирования // 14-ая Всемирная конференция по сейсмостойкому строительству. Пекин. 2008. С. 110-120.
11. Чуднецов В.П., Солдатова Л.Л. Здания с сейсмоизоляционным скользящим поясом и упругими ограничителями перемещений // *Сейсмостойкое строительство: Реф. сб./ЦИНИС*. Сер. 14. 1979. Вып.5. С.1-3.
12. Кузнецова В.Д., Чэнь Сятин. Скользящий пояс с фторопластом сейсмостойкого здания // *Инженерно-строительный журнал*. №3. 2011.
13. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий // Москва: Стройиздат, 1989. 320 С.
14. Клаф Р., Дж.Пензиен. Динамика сооружений // Москва: Стройиздат. 1979. 316 С.
15. Кузнецов В.Д., Лядский В.А.. Сейсмоизоляция общественных зданий на основе фторопласта // *Инженерно-строительный журнал*. №3. 2010. Санкт-Петербург. С.61-64.
16. Абакарова А.Д., Зайнулабидова Х.Р. Оценка областей рационального применения системы сейсмоизоляции зданий со скользящим фундаментным поясом // *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*. №1(40). 2016. С.77-85.
17. Зайнулабидова Х.Р. Оценка влияния этажности зданий на эффективность использования систем сейсмоизоляции со скользящим поясом // *Неделя науки – 2015. Сборник тезисов докладов XXXVI итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»*. 2015. С.138-140.
18. Давыдова Г.В., Ермошин А.А., Уздин А.М., Румянцев А.Ю. Оценка перемещения зданий с сейсмоизолированным скользящим поясом // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. №3. 2007. С. 34-37.
19. Апсметов М.Ч., Андашев А.Ж., Шамшиев Н.У., Апсметов А.М. Колебания модели малоэтажных зданий с сейсмоизолирующим поясом при сейсмических воздействиях // *Вестник Международного Института Управления*. Архангельск. №1. 2018. С.68-73.

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

А.П. Парфёненко¹, Е.Г. Костюченко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹parf01@inbox.ru

²ka_kost@mail.ru

Аннотация

Согласно ч. 1 ст. 48. Градостроительного кодекса метрополитены относятся к особо опасным, технически сложным объектам. Следовательно, безопасность людей в пешеходных сооружениях метрополитена (станции и пересадочные узлы) должна, согласно Федерального закона №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», определяться расчётом на основе оценки индивидуального пожарного риска. Этой концепции соответствуют и требования пункта 5.16.6.17 СП 120.13330.2012 «Метрополитены». Достаточность проектных решений для обеспечения безопасной эвакуации людей на станции необходимо оценивать расчетом. При расчете времени эвакуации учитывают все защищенные эвакуационные пути.

В тоже время в нормативных документах указывается, что «...Длину беспроемных участков по концам посадочной части платформ станции глубокого заложения следует принимать не более 1/3 длины посадочной платформы и определять из условий, что освобождение пассажирами этого участка должно осуществляться за время не более минимального интервала между поездами и в пределах расчетного времени эвакуации пассажиров со станции».

В СП 120.13330.2012 «Метрополитены» и в Методике по оценке индивидуального риска отсутствуют закономерности движения людских потоков по различным видам пути, определяющих расчётные значения параметров, необходимых для определения вероятности эвакуации людей P_3 . В научной литературе исследования поведения людей при эвакуации из подземных сооружений также отсутствуют. Не исследована и динамика распространения опасных факторов в замкнутом объёме подземного сооружения, который для поддержания приемлемых для человека значений параметров микроклимата требует постоянного принудительного возобновления.

В статье приведены результаты исследований движения людских потоков через турникеты, а также закономерности движения людей разных возрастных групп по эскалаторам. Изложенные результаты исследований дают необходимые предпосылки для разработки свода правил «Противопожарная безопасность метрополитенов» и развития Методики по оценке индивидуального пожарного риска, что позволит в дальнейшем более точно и дифференцированно определять параметр P_3 с учетом движения людских потоков по различным участкам пути на станциях метрополитена и разрабатывать при этом необходимые и обоснованные противопожарные мероприятия.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно ч. 1 ст. 48. Градостроительного кодекса [1] метрополитены относятся к особо опасным, технически сложным объектам. Следовательно, безопасность людей в пешеходных сооружениях метрополитена (станции и пересадочные узлы) должна, согласно Федерального закона №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], определяться расчётом на основе оценки индивидуального пожарного риска. Этой концепции соответствуют и требования пункта 5.16.6.17 СП 120.13330.2012 «Метрополитены» [3]. Достаточность проектных решений для обеспечения безопасной

эвакуации людей на станции необходимо оценивать расчетом. При расчете времени эвакуации учитывают все защищенные эвакуационные пути.

В тоже время в нормативных документах указывается, что «...Длину беспроемных участков по концам посадочной части платформ станции глубокого заложения следует принимать не более $1/3$ длины посадочной платформы и определять из условий, что освобождение пассажирами этого участка должно осуществляться за время не более минимального интервала между поездами и в пределах расчетного времени эвакуации пассажиров со станции».

При моделировании процесса эвакуации людей учитываются скорости движения людей по горизонтальному пути и лестнице. В качестве лестниц в метрополитене используются эскалаторы. Согласно СП120.13330.2012 использование эскалаторов для эвакуации людей допускается, но отсутствие данных о параметрах движения людских потоков по эскалаторам, как в нормативной [4], так и в научной литературе [5-9] не позволяет достоверно оценить достаточность проектных решений с точки зрения обеспечения безопасности людей при возникновении пожара.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эскалатор представляет собой ряд шарнирно соединенных между собой ступеней, образующих непрерывную цепь (конвейер). При вращении такой цепи вокруг барабанов, расположенных на концах эскалатора, ступени поднимаются или опускаются и перемещают вместе с собой находящиеся на них людей. В Методике приведены данные скорости людских потоков по лестничным клеткам вниз и вверх с размерами ступеней на стандартных лестницах, которые варьируются от 290 до 330 мм для проступи и от 145 до 168 мм для подступенка, когда как для эскалатора размеры проступи и подступенка могут достигать до соответственно 380 и 240 мм. Поэтому, скорость движения людей на эскалаторах будет существенно отличаться.

Для решения данных проблем были проведены натурные наблюдения движения людей по эскалаторам на станции метро «Курская», с целью выявления зависимости скорости движения людей от возрастного состава. В результате проведения натурных наблюдений было получено 800 значений скорости движения людей по эскалаторам вверх и вниз.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам натурных наблюдений были сделаны выводы о том, что **скорость эскалаторного полотна влияет** на параметры движения людского потока. Зарегистрировано повышение скорости V и интенсивности движения q при одной и той же плотности потока с уменьшением скорости эскалаторного полотна до $V_0 = 0,74$ м/с и снижение значений V при дальнейшем уменьшении V_0 (рис. 1).

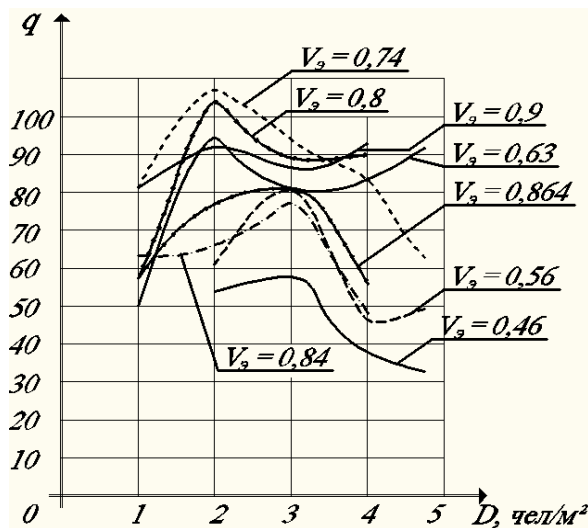


Рис. 1. Зависимость скорости и интенсивности движения людского потока от скорости эскалаторного полотна

Обращает на себя внимание идентичность изменения параметров движения людского потока при отклонении скорости эскалаторного полотна как в меньшую, так и в большую сторону от значения $V_э = 0,74$ м/с. Так, например, параметры движения людей при $V_э = 0,56$ м/с близки по своим значениям к параметрам движения при $V_э = 0,84$ м/с. Такая закономерность объясняется увеличением скопления людей перед эскалатором при повышении или снижении скорости полотна. При малых и больших значениях $V_э$ скопление распространялось почти на всю длину видимого участка пути.

Как быстро произойдет переход через гребенку, возникает ли при этом задержка движения и насколько она велика, зависит от того, насколько скорость подхода $V_п$ отличается от скорости эскалатора $V_э$:

$$q(V_э) = -a(V_э - V_п)^2 + q_{\max} \quad (1)$$

Результаты натуральных наблюдений показали, что провозная способность эскалатора $Q_э$ возрастает с увеличением его скорости до 0,7 м/с, а затем происходит ее снижение. Причина состоит в том, что при скорости эскалатора $V_э = 0,7$ м/с = 42 м/мин различие между $V_п$ и $V_э$ минимально, это и обеспечивает наибольшее значение провозной способности эскалатора.

Аппроксимация зависимости провозной способности эскалатора от скорости движения его полотна определяется формулой

$$Q(V_э) = 60 \{19,6 + [-0,028(V_э - 42,37)^2]\} / f, \text{ чел/час} \quad (2)$$

Скорость движения людей по эскалаторам вниз составила 50 м/мин, что в два раза ниже значения приведенного в Методике по оценке индивидуального пожарного риска. Анализируя движение вверх получена средняя скорость 40 м/мин, что тоже отличается от указанной в Методике - 60 м/мин.

Натурные наблюдения [5, 6, 9] движения людских потоков через (АКП) в часы "пик" в нормальных условиях эксплуатации при значениях плотности потоков перед ними от 1 до 5 чел/м² показывают, что время их прохождения ($t_{пр}$) зависит от напряженности процесса движения. При $D = 2$ чел/м² значение $t_{пр}$ в нормальных условиях, вследствие повышения напряженности движения, приближается к значению $t_{пр}$ в часы "пик".

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют в дальнейшем использовать их не только при разработке нормативной документации в области пожарной безопасности для станций метрополитенов,

но и при оценке безопасной эвакуации людей в составе расчета индивидуального пожарного риска на стадиях проектирования и эксплуатации станций метрополитенов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2017).
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. СП 120.13330.2012 «МЕТРОПОЛИТЕНЬ».
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ № 382 МЧС России от 30.06.2009 г. // Российская газета – 2009. – № 161; ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
5. Разработать и внедрить новые объемно-планировочные и конструктивные решения станций метрополитена с учетом высокоскоростного движения поездов: отчет по НИР, № ГР01660005733 / В.В. Холщевников, А.С. Дмитриев, И.И. Исаевич. – М.: МИСИ, 1989.
6. Исаевич И.И. Разработка основ многовариантного анализа планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования закономерностей движения людских потоков: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МИСИ, 1990.
7. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И. Натурные наблюдения людских потоков: учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
8. Закономерности связи между параметрами людских потоков. Диплом № 24 – S / В.В. Холщевников. – М.: Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений. – 2005.
9. Разработать рекомендации по проектированию павильонов автоматизированного контроля доступа (АСКД) на железнодорожных вокзалах с учётом движения людских потоков. /Отчёт по НИР: Серков Б.Б., Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И. – М.: АГПС МЧС России, 2005.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫСОТНЫЙ ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС С РАДИАЛЬНОЙ КОМПОНОВКОЙ

О.И. Поддаева¹, П.С. Чурин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹poddaevaoi@gmail.com

²churinps@mgsu.ru

Аннотация

Доклад посвящен проведению экспериментальных исследований ветрового воздействия на проектируемый жилой комплекс с радиальной компоновкой. В первой части доклада приведены основные сведения о климатических условиях на площадке застройки, включая значение расчетной скорости ветрового потока и вертикальные профили средней и пульсационной составляющих скорости ветрового потока. Во второй части описано проектирование и изготовление макета для проведения экспериментальных исследований, экспериментальный стенд, даны основные характеристики измерительного оборудования. В заключительной части доклада даны результаты исследований, а также их анализ и сравнение с типовыми схемами, приведенными в нормативных документах, обоснована необходимость проведения подобных исследований.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все больше специалистов в области архитектуры и градостроительства отказываются от стандартных компоновок (вариантов размещения корпусов) микрорайонов и жилых комплексов крупных мегаполисов [1-3]. Все чаще встречаются индивидуальные проекты жилых комплексов не только в элитном сегменте, но и в комфорт классе. Достаточно популярным в настоящее время является проектирование жилых комплексов с радиальной компоновкой, корпуса в данном случае располагаются по радиусам относительно центральной части (рис.1). Отличительной особенностью такого рода компоновки является отсутствие справочной схемы для назначения ветровой нагрузки в действующих нормативных документах. При этом с точки зрения ветрового воздействия в данном случае на первое место выходят эффекты интерференции.

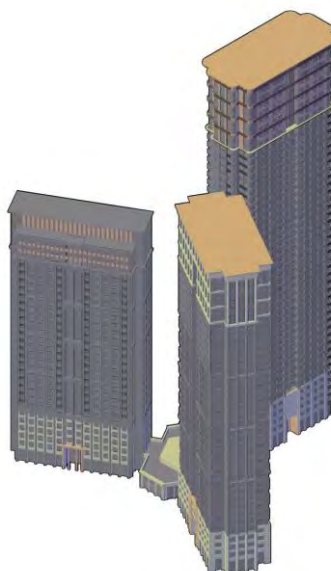


Рис.1. Исследуемый объект

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Доклад посвящен проведению экспериментальных исследований ветрового воздействия на проектируемый жилой комплекс с радиальной компоновкой, предполагаемая площадка строительства – г. Москва. В состав высотной части входит 3 здания по 30, 39 и 49 этажей и центральная стилобатная часть, предельная высота составляет 180 метров. Поскольку в составе проектируемой застройки имеется высотная часть, высотой более 100 м, то в соответствии со статьёй 48.1 Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 г № 190 ФЗ, данное сооружение следует отнести к уникальным объектам капитального строительства. Уровень ответственности I (повышенный).

Экспериментальные исследования выполнены на базе Учебно-научно-производственной лаборатории по аэродинамическим испытаниям строительных конструкций НИУ МГСУ. В качестве испытательного стенда использована уникальная научная установка Большая исследовательская градиентная аэродинамическая труба (БИГАТ НИУ МГСУ) [4].

Экспериментальные исследования выполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [5], а именно:

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)» – подробные требования изложены в Приложениях Ж и И;

ГОСТ Р 56728-2015 «Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции».

Для проведения испытаний была изготовлена экспериментальная модель исследуемого жилого комплекса в масштабе 1:150 (рис.2).



Рис.2. Модель исследуемого объекта в рабочей зоне БИГАТ НИУ МГСУ

С учетом расположения жилого комплекса на территории Москвы (I ветровой район, тип местности В), а также масштаба модели, в рабочей зоне аэродинамической трубы было обеспечено подобие структуры потока в аэродинамической трубе реальным ветровым режимам в месте строительства. Профили распределения средней скорости и интенсивности турбулентности потока по высоте сечения трубы в месте расположения модели представлены на рисунке 3.

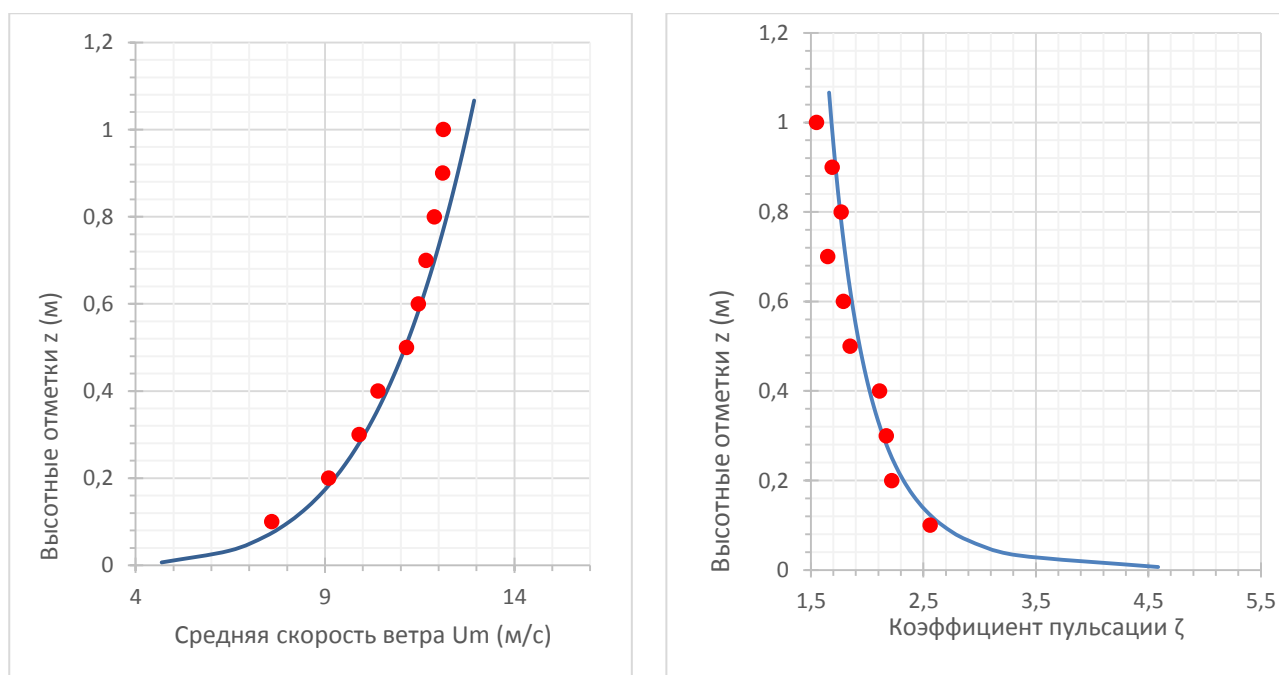


Рис.3. Профили распределения средней скорости и интенсивности турбулентности потока по высоте сечения трубы в месте расположения модели

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом исследования, в соответствии с требованиями нормативных документов являются значения аэродинамических коэффициентов давления в контрольных точках на поверхности модели [5,6,7]. Аэродинамический коэффициент давления — это безразмерная физическая величина

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{q}$$

Где p - статическое давление на поверхности здания, определяемая по результатам моделирования, p_∞ - статическое давление на большом удалении от здания, q – характерное значение скоростного напора.

В целом распределения коэффициентов давления качественно близки к рекомендациям СП «Нагрузки и воздействия» для зданий прямоугольной формы. Средние значения коэффициентов давления лежат на отрезке [-1.14; +0.94], что на 15% превышает справочные значения. Глобальный максимум пикового коэффициента давления по всем углам атаки +1.2, а глобальный минимум пикового коэффициента давления -4.8.

ВЫВОДЫ

Полученное превышение рекомендованной ветровой нагрузки объясняется в первую очередь, отсутствием учета интерференции в нормативных документах, подтверждает необходимость обязательного проведения дополнительных исследований для подобных групп зданий. Существующая тенденция о переводе научно-технического сопровождения в целом, и экспериментальных исследованиях ветрового воздействия уникальных объектов капитального строительства в разряд добровольных этапов проектирования может оказать существенное влияние на надежность и безопасность их эксплуатации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых в рамках научных исследований МК-1403.2020.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко Н. А. Системные принципы формирования ландшафтно-рекреационной среды крупного города //Москва. – 2009.
2. Карцев Ю. Н. К вопросу об изменении архитектурных приемов в проектировании массовой жилой застройки //Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2017. – №. 20. – С. 100-102.
3. Alaily-Mattar N., Thierstein A. Urban transformations through exceptional architecture: introduction to the special issue. – 2018.
4. Egorychev O. O., Churin P. S., Poddaeva O. I. Experimental study of aerodynamic loads on high-rise buildings //Advanced Materials Research. – Trans Tech Publications Ltd, 2015. – Т. 1082. – С. 250-253.
5. Churin P. S., Fedosova A. N.. Analysis of normative and scientific and technical documents in the field of testing bridge structures for wind loads //IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. – 2018. – Т. 365. – С. 052009.
6. Irwin P., Denoon R., Scott D. Wind Tunnel Testing of High-Rise Buildings. – Routledge, 2013.
7. Feras A. Z. et al. Wind tunnel test and numerical simulation of wind pressure on a high-rise building //Journal of Chongqing University. – 2010. – Т. 9. – №. 1. – С. 47-53.

СОЗДАНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛУФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.Н. Покровская

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, elenapokrovskaya@bk.ru

Аннотация

В настоящее время возрастает использование деревянных конструкций, в том числе в строительстве многоэтажных деревянных зданий. Это предъявляет особые требования к безопасности и долговечности деревянных конструкций. В процессе эксплуатации происходит старение, разрушение древесины. Основными причинами разрушений конструкций являются увлажнение, механические нагрузки, возгорание. Увлажнение древесины приводит к развитию биоразрушений. При повышении влажности древесины на 30% её механическая прочность снижается на 70%. Увеличение влажности древесины приводит к её загниванию, растрескиванию, что уменьшает долговечность конструкций. В настоящее время известно большое количество огнезащитных составов, которые не создают био-, влагозащитные свойства древесины, что ограничивает их применение в защите наружных деревянных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Древесина – строительный материал возобновляемый природой. Затраты при производстве древесных конструкций в десятки раз меньше, чем при производстве полимерных, стальных, стеклянных конструкций. Недостатком деревянных конструкций является высокая пожароопасность, подверженность биокоррозии, гниение. Решить эти проблемы можно путем создания полифункциональных защитных составов. Основой для создания наномодифицированных защитных составов служили однокомпонентные растворы фосфоновых кислот. В работе использовались метилфосфоновая кислота (МФ) и нитрилотриметилфосфоновая кислота (НТФ). Наноразмерными модификаторами служили углеродные нанотрубки (УНТ).[1,2]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее опасным свойством древесины при эксплуатации ДК является пожароопасность. Испытания на пожароопасность проводили по ГОСТ 27484-87. Испытание методом горелки с игольчатым пламенем. Водопоглощение определялось по ГОСТ 16483.20 - 72 . В качестве образцов использовалась древесину сосны. При испытании на пожароопасность использовали образцы заболони сосны размером 50×50×10 мм. Водопоглощение испытывалось на образцах 20×20×10 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование пожароопасности

Были подготовлены образцы древесины сосны, модифицированной исследуемым составами УНТ+ФОС, соотношение слоев 1:1. Расход составов 180 г/м²

Результаты испытания по ГОСТ 27484 – 87 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Определение пожароопасности модифицированной древесины

№	Состав	Продолжительность тления $t_{тл}$, с	Потеря массы Δm , %
1	УНТ 0,01% + НТФ 30%	0	3,37
2	УНТ 0,01% + МФ 30%	5	3,03
3	УНТ 0,05% + НТФ 30%	0	6,03
4	УНТ 0,05% + МФ 30%	3	8,46

5	УНТ 0,1% + НТФ 30%	0	1,34
6	УНТ 0,1% + МФ 30%	0	5,41
7	УНТ 0,5% + НТФ 30%	4	1,76
8	НТФ 30% + УНТ 0,05%	6	2,4
9	МФ 30% + УНТ 0,05%	0	6,5
10	УНТ 0,02% + НТФ 30%	0	3,2
11	Необработанная древесина	184	80
12	УНТ 0,01%	392	70
13	УНТ 0,05%	366	68
14	УНТ 0,1%	257	52

Древесина подвергается разрушению в присутствии влаги и биоразрушителей. Разрушение протекает по типу гидролиза, а биоразрушитель является катализатором этого процесса. Для уменьшения водопоглощения необходимо поверхностно модифицировать древесину.[3,4]

Исследование водопоглощения

Существенное значение для пропитки древесины различными огнезащитными составами имеет показатель водопоглощения. Водопоглощение – это способность древесины впитывать капельно-жидкую влагу. Гетерокапиллярная структура древесины является важной характеристикой взаимодействия древесины с водой. [5,6]

Влияние модификаторов на водопоглощение древесины определялось на образцах древесины заболони сосны. Изменение водопоглощения древесины изучено на необработанной древесине и модифицированной исследуемым составом.

Результаты испытания по ГОСТ 16483.20 – 72 представлены в таблице 2.

Таблица 2. Определение водопоглощения образцов древесины с различным временем выдержки

Состав		Водопоглощение, %							
№	Время, ч	1	2	24	48	168	216	336	504
Необработанный образец									
Исходный необработанный образец древесины сосны		28,92	40,03	53,24	56,61	65,72	76,98	87,84	94,75
Образцы, модифицированные сэндвичевыми покрытиями									
1	УНТ 0,01% + НТФ 30%	5,87	9,02	20,71	25,72	35,80	43,24	56,47	68,24
2	УНТ 0,01% + МФ 30%	6,67	10,32	21,15	25,23	35,65	41,43	54,24	66,53
3	УНТ 0,1% + МФ 30%	7,85	12,14	23,68	28,56	41,31	47,71	65,18	74,72
4	НТФ 30% + УНТ 0,05%	17,04	25,54	46,82	51,13	60,93	67,06	80,23	88,64
5	МФ 30% + УНТ 0,05%	7,21	11,32	22,03	27,52	37,22	42,86	64,08	73,28
6	Смесь НТФ 30% + УНТ 1%	8,97	12,63	24,72	28,80	42,74	48,72	64,08	73,28
7	Смесь МФ30% + УНТ 1 %	5,65	8,28	17,96	22,54	33,90	38,64	50,62	61,14
8	УНТ 0,02% + НТФ 30%	6,52	10,38	20,75	24,82	36,51	42,08	57,14	67,75

ВЫВОДЫ

Поверхностная обработка древесины водными дисперсиями УНТ не создает огне-, био-, влагозащитные свойства. Древесина остается сгораемым гидрофильным материалом. В результате проведенных исследований были созданы защитные составы УНТ - МФ и УНТ – НТФ. Данные составы применялись в виде сэндвичных покрытий. При двухслойном покрытии древесина переходит в группу трудносгораемых материалов $\Delta m = 1,34$ %.[7]

Изучение кинетики водопоглощения древесины, поверхностно модифицированной созданными составами, уменьшает водопоглощение в 2 раза. Время испытания 25-30 суток. Значительное уменьшение водопоглощения составом УНТ – НТФ увеличивает долговечность конструкции. При испытании на прочность, поперек волокон, образцов древесины модифицированных составом УНТ – МФ показало увеличение прочности на 40 % по сравнению с необработанными образцами. Созданные наномодифицированные защитные составы полифункционального действия увеличивают долговременную сохранность. Деревянные конструкции, поверхностно обработанные наномодифицированными полифункциональными защитными составами, в таких случаях могут широко использоваться в строительстве – в высотном деревянном домостроении, в малоэтажном строительстве, а также при реставрации памятников деревянного зодчества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова С.А. Деревянные высотки в России – инновационный взгляд на современное строительство // Международный исследовательский журнал. 2016. №4. с.46
2. Айзенштадт А.М., Фролова М.А. Проектирование состава нано- и микроструктурированных строительных композиционных материалов // Промышленное гражданское строительство. 2012. №10. с. 14-15
3. Покровская Е.Н. Получение биостойких материалов при поверхностной модификации древесины // Вестник МГСУ. 2011. №7. с.636-640
4. Покровская Е.Н., Чистов И.Н. Химическое превращение древесины при длительном контакте с грунтами // Известие ВУЗов «Лесной журнал». 2009. №6. с.88-93
5. Покровская Е.Н. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений // Издательство АСВ. 2009. с.136
6. Hoang, D., Pham, T., Ngyuyen, T., An, H., Kim, J. OrganoPhosphorus Flame Retardants for Poly (VinylChloride)/Wood Flour Composite. Polym. Compos. 2016, DOI: 10.1002/pc.24026.
7. Paradopoulos, A.N., Bikiaris, D.N., Mitropoulos, A.C., & Kyzas, G.Z. (2019). Nanomaterials and Chemical Modifications for Enhanced Key Wood Properties: A Review/ Nanomaterials, 9 (4), 607. DOI: 10.3390/nano9040607

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В.И. Римшин¹, И.С. Кузина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹v.rimshin@niisf.ru

²ms.kuzina01@mail.ru

Аннотация

Обследование-комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления.

В статье рассмотрены результаты проведения обследования технического состояния строительных конструкций насосной станции очищенной сточной воды, в соответствии с методическими указаниями по техническому обследованию зданий. Здание промышленное, предназначено для перекачки хозяйственно-бытовых очищенных сточных вод. На этапе технического обследования несущих строительных конструкций зданий насосной станции были выполнены следующие работы: инженерные обмерные работы для установления геометрических параметров здания, визуально-инструментальное обследование конструкций с целью выявления дефектов и повреждений. Целью данной работы является получение сведений о состоянии несущих и ограждающих строительных конструкций здания, выявление и фиксация существующих дефектов для оценки их возможного влияния на строительные конструкции в процессе дальнейшей эксплуатации здания [1].

ВВЕДЕНИЕ

Данная статья составлена по результатам проведения обследования технического состояния строительных конструкций здания, в соответствии с методическими указаниями по техническому обследованию зданий, с учетом нормативных положений СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции». Здание промышленное, предназначено для перекачки хозяйственно-бытовых очищенных сточных вод. Подземная часть представляет собой опускной колодец с железобетонными несущими стенами. Надземная часть бескаркасная с железобетонными несущими стенами, усиленными фахверковыми колоннами, и пилястрами, на которые опираются металлические фермы покрытия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели были проведены архивные изыскания, отобрана и изучена документация по объекту, в том числе материалы ранее выполненных инженерно-геологических изысканий на участке расположения здания, выполнена инженерная обмерка несущих конструкций, проведено визуальное обследование строительных конструкций и выполнена выборочная фотофиксация состояния конструкций, выполнены иллюстративные графические материалы, выполнено определение фактических прочностных физико-механических характеристик конструкционных материалов, выполнены расчеты несущей способности конструкций покрытия, здания решёток и разработано техническое заключение с выводами и рекомендациями по дальнейшей безопасной эксплуатации конструкций. Результаты изучения документации в части, касающейся строительных конструкций, представлены в составе соответствующих разделов настоящего технического заключения, результатов обследования конструкций. Визуальное обследование включало внешний

осмотр строительных конструкций с фиксацией их повреждений. По результатам визуального обследования выполнены планы и фасады с указанием поврежденных участков конструкций. Общее техническое состояние конструкций, наличие и характер распространения дефектов предварительно фиксировались визуально, а затем уточнялись с помощью измерительной техники. Расчеты несущей способности строительных конструкций покрытия, здания решёток, выполнены с использованием полученных результатов обследования и архивных данных.

Определение прочности кирпича и раствора, а также бетона выполнено с целью выявления ее фактической величины. Прочность определялась с помощью неразрушающего ударно-импульсного метода прибором «Beton PRO Condrol» в соответствии с ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» и ГОСТ 18105-2010 «Правила контроля и оценки прочности». Прочность материалов конструкций определялась в местах доступных для обследования с использованием универсальной градуировочной зависимости [2-3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обследования были выявлены следующие дефекты и повреждения наружных и внутренних стен. Отдельные и вертикальные трещины шириной раскрытия от 2-5 мм, трещины в углах оконных проемов и в местах крепления оборудования на фасадах, разрушение поверхности облицовочного кирпича в углах здания и над дверными проемами и отслоение лещадок в отдельных местах. На фасадах здания были отмечены неровности, в отдельных местах, выпучивание облицовочной кладки, следы намокания и выветривания кладки, участки повреждения керамической плитки цокольной части здания (волосяные трещины, сколы). Внутри здания были обнаружены волосяные трещины по отделочным слоям стен, трещины над оконными и дверными перемычками и повреждение лакокрасочных покрытий (шелушение, растрескивание, отслаивание).

Вертикальные трещины по облицовочной кладке из керамического кирпича и деформации кладки образовались в результате неудовлетворительного состояния креплений из стержневой арматуры к железобетонным стенам, а в отдельных местах – из-за недостаточного опирания кладки цоколя на фундаменты из монолитного железобетона.

При обследовании полов, перекрытия и покрытия была выявлена поверхностная коррозия металлических ферм, прогонов и связей покрытия, следы протечек по отдельным деревянным стропилам, продольные усушечные трещины в деревянных стропилах и балках подшивного потолка, следы протечек по обрешетке, отсутствие обработки деревянных элементов покрытия антисептиками и антипиренами, сколы, истирания и разрушения отдельных керамических плиток полов, масляные пятна и следы воздействия агрессивных жидкостей на поверхности полов, трещины по монолитной железобетонной стяжке полов 1-го этажа, поверхностная коррозия стоек, площадок и плит фальшполов.

Следы протечек и намокания свидетельствуют о нарушении гидроизоляции покрытия кровли. Причиной коррозии металлических элементов может являться отсутствие обработки антикоррозионными составами данных элементов либо исчерпание защитной функции антикоррозионного покрытия.

Кровля здания находится в удовлетворительном состоянии. Были выявлены деформации и повреждения элементов наружного водостока и отсутствие ограждения [4].

Оценка прочности стен производилась неразрушающим экспресс-методом ударного импульса с помощью прибора «BetonPROCondrol» в соответствии с ГОСТ 22690-88. Прочность материала определялась по установленным в программном устройстве прибора градуировочным зависимостям, которые позволяют определять прочность в зависимости от типа контролируемого изделия (балка, колонна, фундаментный блок, наружная стена, внутренняя стена, плита, ригель, ферма, полы, свая), от вида материала (бетон, кирпич, раствор), от вида бетона и крупного заполнителя (тяжелый бетон на граните, на известняке,

на гравии, на граншлаке, мелкозернистый бетон, керамзитобетон, шлакопемзобетон, кирпич силикатный, кирпич керамический), от предполагаемого возраста контролируемого бетона, от вида термической обработки бетона (нормального твердения, либо, бетона подвергнутого термической обработке).

Оценка прочности материала производилась по среднему значению прочности участков:

$$R' = (\sum Ri) / n;$$

где: R_i – прочность материала по отдельному участку; n - количество участков.

Вычислялось среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sum (R' - Ri)^2 / (n - 1)};$$

а также коэффициент вариации:

$$V = \sigma / R';$$

Определение условной марки кирпича M по прочности на сжатие осуществлялось по формуле:

$$M = R'(1 - 1,64v);$$

Определение условного класса бетона B по прочности на сжатие осуществлялось по формуле:

$$B = R'(1 - 1,64V);$$

Прибор позволяет оценивать физико-механические свойства строительных материалов в образцах и изделиях (прочность, твердость, упругопластические свойства), выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения и др. Прибор применяется для контроля прочности бетона на предприятиях стройиндустрии и объектах строительства, а также при обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений.

Основное инженерное оборудование абонента находится в состоянии ограниченной работоспособности. Теплообменное и насосное оборудование, арматура, регулирующие и измерительные приборы рекомендованы к замене на более энергоэффективные, соответствующее современным нормативным требованиям, с учетом увеличения тепловой нагрузки [5-6].

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании выполненной аналитической работы по анализу действительного технического состояния исследуемых строительных конструкций заключаем, что техническое состояние обследуемого здания многоцелевого назначения оценивается как ограниченно- работоспособное. Общее состояние несущих конструкций объекта оценивается как работоспособное. Исключение составляют участки облицовочной кладки фасадов с местами повреждения трещинами, выпучиванием и другими дефектами - состояние оценивается как ограниченно-работоспособное. Для приведения данных участков конструкций и, следовательно, здания в целом из ограниченно-работоспособного состояния в работоспособное рекомендуется выполнить перечень мероприятий. Выполнить усиление крепления облицовочной кладки фасадов к внутреннему слою стены из железобетона здания по специально разработанному проекту, выполнить ремонт кирпичной кладки и облицовки цоколя, в местах намокания конструкций устранить причины протечек, просушить конструкции, отбить повреждённый отделочный слой, расчистить и подготовить поверхность, обработать поверхность антисептиком, выполнить косметический ремонт специальными составами [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38-42.
2. Трунгов П.С., Римшин В.И. Усиление конструкций перекрытий спортивного комплекса в период реконструкции // В сборнике: Молодёжные инновации. сборник материалов семинара молодых учёных в рамках XXIII Международной научной конференции. Москва, 2020. С. 153-157.

3. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Расчет проектируемых конструкций вторичного отстойника // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 6 (1030). С. 39-41.
4. Римшин В.И., Кузина И.С., Кузина Е.С. Особенности расчета несущих конструкций сооружений водоподготовки и водоотведения в программных комплексах // В сборнике: БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ФОНДА РОССИИ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. материалы Международных академических чтений. 2019. С. 121-128.
5. Кецко Е.С. Техническое обследование состояния фундамента здания и грунтов, непосредственно подстилающих их подошву, в рамках работ по капитальному ремонту // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 87-90.
6. Римшин В.И., Кузина Е.С., Хамракулов Р.Д. Анализ технического состояния несущих конструкций сооружений водоподготовки и водоотведения для последующего их усиления // В сборнике: БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ФОНДА РОССИИ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. материалы Международных академических чтений. 2019. С. 294-302.
7. Rimshin V.I., Kuzina E.S., Shubin I.L. Analysis of the structures in water treatment and sanitation facilities for their strengthening // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019. 2020. С. 012074.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СКЛОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

В.В. Симонян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337 г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, simonyan.vladimir55@gmail.com

Аннотация

В последнее время стало очень актуальным определять оползневые риски на различных склоновых территориях, поскольку оползневые процессы напрямую влияют на безопасность зданий и сооружений. Как правило оползневые риски определяют методами инженерной геологии (механика грунтов). Однако, по нашему мнению, решение проблемы обеспечения безопасности сооружений не могут быть решены без знания пространственных координат точек на поверхности склона и их изменения во времени и в пространстве. Эти данные могут быть получены только из геодезических наблюдений. Проведение наблюдений на оползневых склонах обеспечивает решение следующих двух основных задач: изучение механизма и динамики оползневого процесса и обеспечение безопасности эксплуатации народнохозяйственных объектов. Это означает, что оползневые риски и безопасность сооружений можно определять геодезическими методами. Для этого необходимо проводить геодезический мониторинг как самих оползней, так и зданий и сооружений на них расположенных. Одним из специфических и весьма важных факторов оползневого риска на различных склоновых территориях является оползневая опасность и оползневая уязвимость. Оценка степени оползневого риска сводится к задаче определения коэффициентов значимости оползневых опасностей и оползневых уязвимостей, а также их весовых коэффициентов. Под *оползневой опасностью* понимают негативную для нее вероятностную возможность реализации оползневых процессов, протекающих в природной, техногенной и антропогенной составляющих среды склоновых территорий, а под *оползневой уязвимостью* понимают свойство строительного объекта терять способность к выполнению своих естественных функций вследствие его поражения оползневой опасностью определенной интенсивности и длительности воздействия. Для решения задач по определению оползневых опасностей и оползневых уязвимостей необходимо выявить их показатели, которые можно получить по данным геодезического мониторинга: для оползневой опасности это крутизна склона; высота склона; объемы смещающихся масс; скорость смещения оползня, а для оползневой уязвимости это трещины сооружений, осадки сооружений, горизонтальные перемещения сооружений, крены сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Размер ущерба от протекания опасных оползневых процессов, причиняемого населению, промышленным предприятиям, жилым массивам, весьма значителен. На масштаб катастроф влияет степень застроенности территории. Так по данным академика Осипова В.И. «суммарный ежегодный ущерб от оползней, селей и обвалов в стране составляет не менее 1 млрд долларов в год» [2]. Следовательно, вопросы о своевременном выявлении напряженного состояния грунта и оползневых деформаций на различных оползневых территориях, количественной оценке их динамики и возможного влияния на здания и сооружения требуют настоящего изучения. Поэтому одной из центральных проблем влияния оползневых процессов на безопасность зданий и инженерных сооружений является оценка состояния и устойчивости геологической среды склоновых территорий. Решение проблемы обеспечения безопасности сооружений не могут быть решены без знания пространственных координат точек на поверхности склона и их изменения во времени и в пространстве. Эти данные могут быть получены только из геодезических наблюдений.

Применительно к опасным оползневым процессам используют такое понятие как «риск» [3], [4]. Однако главнейшим базовым аспектом проблемы обеспечения безопасности населения и сооружений на склоновых территориях от проявления опасных оползневых процессов является количественная оценка риска. Одним из специфических и весьма важных факторов оползневого риска на различных склоновых территориях является оползневая опасность и оползневая уязвимость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под *оползневой безопасностью* будем понимать состояние защищенности склоновой территории от воздействий опасных оползневых явлений и процессов. Количественно оползневую безопасность будем определять через уровень оползневой безопасности $S_{\text{оп}}$, которая представляет собой вероятностную величину. Ее значения находятся в интервале $[0;1]$.

Под *оползневым риском* будем понимать предполагаемый негативный результат от смещения грунтов и тяжесть последствий при взаимодействии оползневого тела со строительным объектом или объектами. Количественно оползневой риск будем выражать через степень оползневого риска $R_{\text{оп}}$, которая также представляет собой вероятностную величину [1]. Его значения также находятся в интервале $[0;1]$.

Уровень оползневой безопасности и степень оползневого риска связаны между собой следующим соотношением (1):

$$S_{\text{оп}} = 1 - R_{\text{оп}}. \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что оценка уровня оползневой безопасности сводится к задаче определения степени оползневого риска. Степень оползневого риска вычислим по формуле (2):

$$R_{\text{оп}} = P(H) \cdot V_m(H), \quad (2)$$

где $P(H)$ - интегральный критерий уровня оползневой опасности (безразмерный коэффициент), который представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной ситуации (сочетания показателей опасности) на склоновой территории. Он должен занимать место между «идеальным» вариантом ($P(H)^{\text{ид}} = 0$) и «негативно-идеальным» вариантом ($P(H)^{\text{нег-ид}} = 1$);

$V_m(H)$ - интегральный критерий уровня оползневой уязвимости (безразмерный коэффициент), который представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной ситуации (сочетания показателей уязвимости) на склоновой территории. Он, также, должен занимать место между «идеальным» вариантом ($V(H)^{\text{ид}} = 0$) и «негативно-идеальным» вариантом ($V(H)^{\text{нег-ид}} = 1$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Интегральный критерий уровня оползневой опасности вычислим по формуле (3):

$$P(H) = k_{\text{норм}} \sum_1^n \delta_i W_i, \quad (3)$$

где δ_i – коэффициент значимости i -го показателя опасности;

W_i – значение весового коэффициента i -го показателя опасности;

$k_{\text{норм}}$ – нормирующий множитель, приводящий к $0 \leq P(H) \leq 1$.

Следовательно, оценка ключевой для нас величины – степени оползневого риска – сводится к задаче определения коэффициентов значимости оползневых опасностей и оползневых уязвимостей, а также их весовых коэффициентов. Коэффициент значимости i -го оползневого риска δ_i представляет собой вероятность реализации i -ой опасности (уязвимости) оползневого процесса, при этом интенсивность проявлений свойств соответствующего ему категории оползневой опасности (уязвимости) относится к определенному диапазону

значений $[a, b]$, величины которых являются «рисковыми». Тогда коэффициент значимости i -го риска оползневой опасности (уязвимости) определяется на основании соотношения (4):

$$\delta_i = \int_a^b f(B_i) dB_i, \quad (4)$$

где B_i – интенсивность проявления свойств оползневой опасности (уязвимости) в зависимости от их потенциальной разрушительной силы, соответствующего i -му показателю оползневой опасности (уязвимости);

$f(B_i)$ – закон распределения (плотность вероятности) значений интенсивности проявления свойств i -го показателя опасности (уязвимости) оползневого процесса.

Закон распределения $f(B_i)$ строится стандартным образом, используя границы интервалов группировки значений интенсивности проявления свойств категорий опасности (уязвимости) оползневого процесса. Построенная линия тренда в виде полиномиальной зависимости для каждого i -го показателя опасности (уязвимости) оползневого процесса, характеризует искомый закон распределения $f(B_i)$. Значения проявления характеристик интенсивности опасных оползневых процессов даны в табл. 1 [4]:

Таблица 1. Фрагмент общей шкалы опасности оползневых процессов

Показатели оползневых процессов	Категории опасности оползневых процессов			
	Чрезвычайно опасные	Весьма опасные	Опасные	Умеренно опасные
Подверженность территории оползневому процессу, %	> 30	30 - 10	10 - 1	< 1
Повторяемость, случаев/год	< 0,1	0,1 – 0,25	0,25 – 0,75	> 0,75

Оползневую опасность определим следующими показателями: а) крутизна склона; б) высота склона; в) объемы смещающихся масс; г) скорость смещения оползня. Для крутизны склонов применим следующую градацию: умеренно опасные: $4^\circ - 8^\circ$; опасные: $8^\circ - 20^\circ$; весьма опасные: $20^\circ - 35^\circ$; чрезвычайно опасные: $> 35^\circ$. Для высот склонов: умеренно опасные: < 40 м; опасные: $40 - 250$ м; весьма опасные: $250 - 400$ м; чрезвычайно опасные: > 400 м. Для объема смещаемых пород: умеренно опасные: $0 - 5$ млн. м^3 ; опасные: $5 - 10$ млн. м^3 ; весьма опасные $10 - 15$ млн. м^3 ; чрезвычайно опасные $15 - 20$ млн. м^3 . Для скоростей смещения оползней: умеренно опасные: $0 - 1,5$ м/год; опасные: $1,5 - 3$ м/год; весьма опасные: $3 - 4,5$ м/год; чрезвычайно опасные: $4,5 - 6$ м/год.

Найдем функцию распределения вероятности проявления характеристик интенсивности свойств оползневого процесса, принадлежащих «рисковым» интервалам разбиения диапазона значений показателей опасности оползневых процессов (рис. 1, 2, 3, 4):

а) Крутизна склона

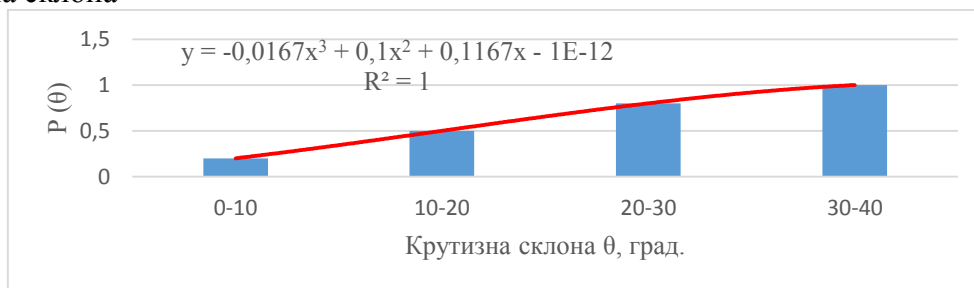


Рис. 1. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности крутизны склонов оползневого процесса

б) Высота склона

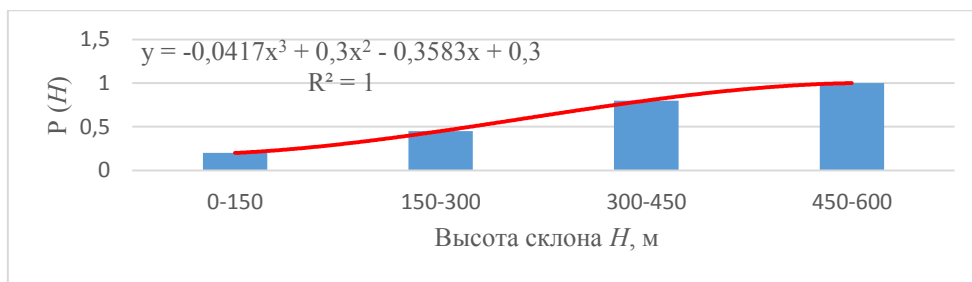


Рис. 2. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности высоты склонов оползневого процесса

в) Объем смещающихся пород

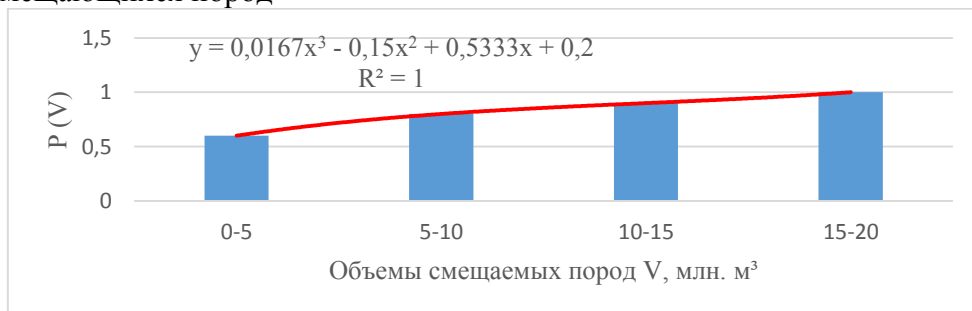


Рис. 3. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности объемов смещающихся пород

г) Скорость смещения оползня

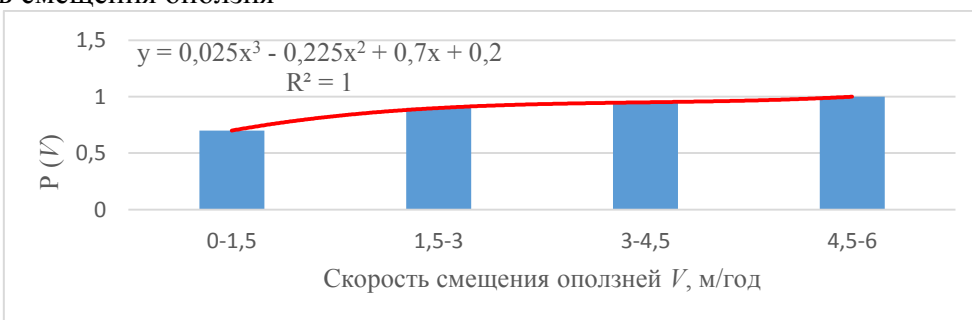


Рис. 4. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности скорости смещения пород

Получим следующие соотношения полиномиальных зависимостей (5), (6), (7), (8):

- для значений показателей крутизны склона:

$$f(\theta) = -0,0167\theta^3 + 0,1\theta^2 + 0,1167\theta - 1E - 12; \quad (5)$$

- для значений показателей высоты склона:

$$f(H) = -0,0417H^3 + 0,3H^2 - 0,358H + 0,3; \quad (6)$$

- для значений показателей объемов смещающихся пород:

$$f(V) = 0,0167V^3 - 0,15V^2 + 0,5333V + 0,2; \quad (7)$$

- для значений показателей скорости смещения оползня:

$$f(V) = 0,025V^3 - 0,225V^2 + 0,7V + 0,2. \quad (8)$$

Оценки коэффициентов значимости оползневых опасностей:

$$\delta_\theta \cong 0,20; \quad \delta_H \cong 0,20; \quad \delta_V \cong 0,60; \quad \delta_V \cong 0,70.$$

Определим весовые коэффициенты рассмотренных нами оползневых опасностей для всех категорий опасностей. Для этого опять воспользуемся табл. 1. Нас будет интересовать такой показатель, как подверженность территории оползневому процессу, % (см. табл. 2).

Таблица 2. Структура комплексной подверженности территории оползневым процессам

Категории опасности оползневых процессов	Подверженность территории оползневым процессам, %
Умеренно опасные	1
Опасные	5,5
Весьма опасные	20
Чрезвычайно опасные	40

Весовые коэффициенты оползневой опасности W_i рассчитаем по формуле (9):

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i}, \quad (9)$$

где Z_i – значимость весового коэффициента i -ой категории оползневой опасности. Сами величины Z_i определим на основании соотношения (10):

$$Z_i = \frac{S_i}{S}, \quad (10)$$

где S_i – площадь территории (%), подверженной i -ой категории оползневой опасности;

S – общая площадь подверженности территории оползневым процессам.

Значения величин W_i и Z_i приведены в табл. 3.

Таблица 3. Значения величин W_i и Z_i

Категории опасности оползневых процессов	Значимость Z_i	Весовой коэф-т оползневой опасности W_i
Умеренно опасные	0,01	0,02
Опасные	0,055	0,08
Весьма опасные	0,20	0,30
Чрезвычайно опасные	0,40	0,60
	$\Sigma = 0,665$	

Анализ показателей оползневой опасности на вероятностную возможность реализации оползневых процессов на склоновых территориях, позволяют рекомендовать следующие ранжированные по степени значимости δ_i и оцененные по соответствующей шкале весов W_i количественные оценки риска оползневой опасности (см. табл. 4):

Таблица 4. Количественные оценки риска оползневой опасности

№ п/п	Показатели оползневой опасности	Категории опасности	Код	Весовой коэф-ент W_i	Коэф-ент значимости δ_i
1.	Крутизна склона	Умеренно опасные	0	0,02	0,20
		Опасные	1	0,08	
		Весьма опасные	2	0,30	
		Чрезвычайно опасные	3	0,60	
2.	Высота склона	Умеренно опасные	0	0,02	0,20
		Опасные	1	0,08	
		Весьма опасные	2	0,30	
		Чрезвычайно опасные	3	0,60	

3.	Объемы смещающихся масс	Умеренно опасные	0	0,02	0,60
		Опасные	1	0,08	
		Весьма опасные	2	0,30	
		Чрезвычайно опасные	3	0,60	
4.	Скорость смещения оползня	Умеренно опасные	0	0,02	0,70
		Опасные	1	0,08	
		Весьма опасные	2	0,30	
		Чрезвычайно опасные	3	0,60	

Т.о., уровень оползневой опасности склоновых территорий зависит от четырехмерного вектора ранжировок. В табл. 5 приведен фрагмент значений оценок уровня опасностей.

Таблица 5. Оценка критерия уровня опасности ($k_{\text{норм}} = 0,9804$)

Код	$P(H)$	Код	$P(H)$	Код	$P(H)$	Код	$P(H)$
0000	0,0333	1122	0,4137	2222	0,5000	3330	0,6020
0001	0,0745	1123	0,6196	2223	0,7059	3331	0,6431
0002	0,2255	1130	0,3980	2230	0,4843	3332	0,7941
0003	0,4314	1131	0,4392	2231	0,5255	3333	1,0000

Интегральный критерий уровня оползневой уязвимости вычислим по формуле (11):

$$V_m(H) = k_{\text{норм}} \sum_1^n \delta_i W_i, \quad (11)$$

где δ_i – коэффициент значимости i -го показателя уязвимости;

W_i – значение весового коэффициента i -го показателя уязвимости;

$k_{\text{норм}}$ – нормирующий множитель, приводящий к $0 \leq V_m(H) \leq 1$.

Определим коэффициенты значимости оползневых уязвимостей и их весовые коэффициенты по аналогии с оползневой опасностью. Оползневую уязвимость определим следующими показателями: а) трещины сооружений; б) осадки сооружений; в) горизонтальные перемещения сооружений; г) крены сооружений. Степень уязвимости по всем четырем показателям устанавливаем по одному из 4-х категорий уязвимости, принимая во внимание известные значения параметров отличительных признаков (табл. 6).

Таблица 6. Шкала оползневой уязвимости

Показатели оползневых уязвимостей	Категории уязвимости оползневых процессов			
	Чрезвычайно опасные	Весьма опасные	Опасные	Умеренно опасные
Трещины	> 1 мм	1 мм	< 1 мм	-
Осадки	> 16 см	12 - 16 см	10 - 12 см	< 10 см
Гор-е перемещения	1,5 м	1,1 м	0,5 м	0,2 м
Крены	0,004	0,0035	0,003	0,002

Найдем функцию распределения вероятности проявления характеристик интенсивности свойств оползневого процесса, принадлежащих «рисковым» интервалам разбиения диапазона значений показателей уязвимости оползневых процессов (рис. 5, 6, 7, 8):

а) Трещины

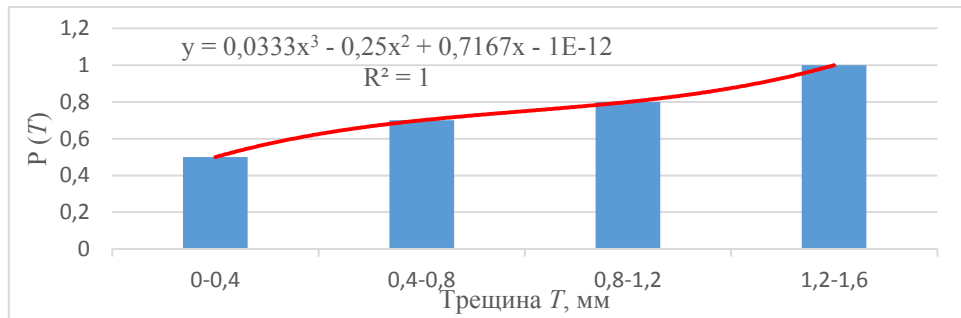


Рис. 5. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности трещин сооружений

б) Осадки сооружений

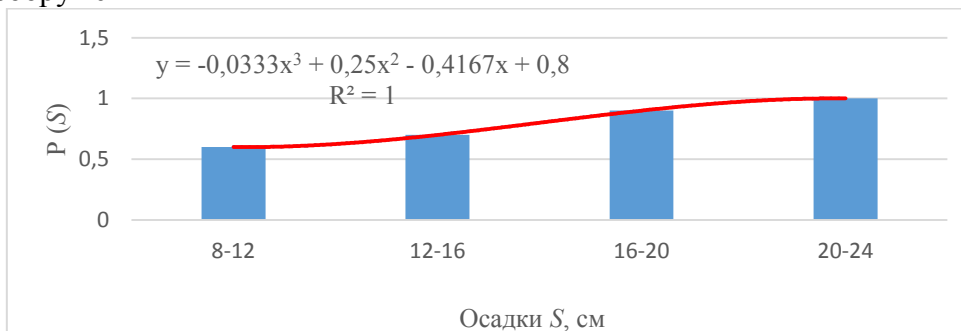


Рис. 6. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности осадок

в) Горизонтальные перемещения сооружений

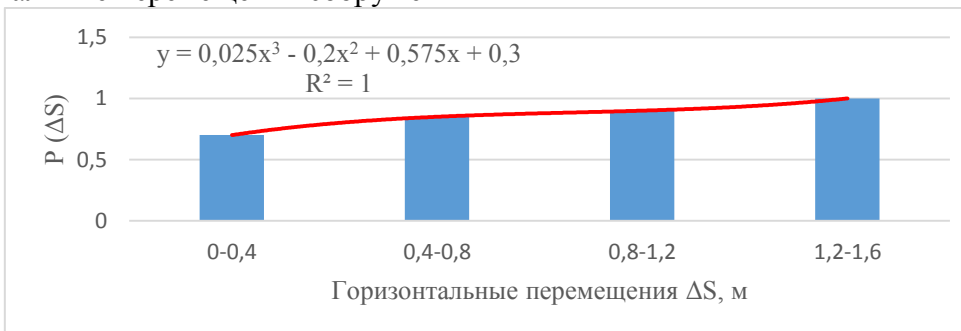


Рис. 7. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности горизонтальных перемещений сооружений

г) Крен сооружений

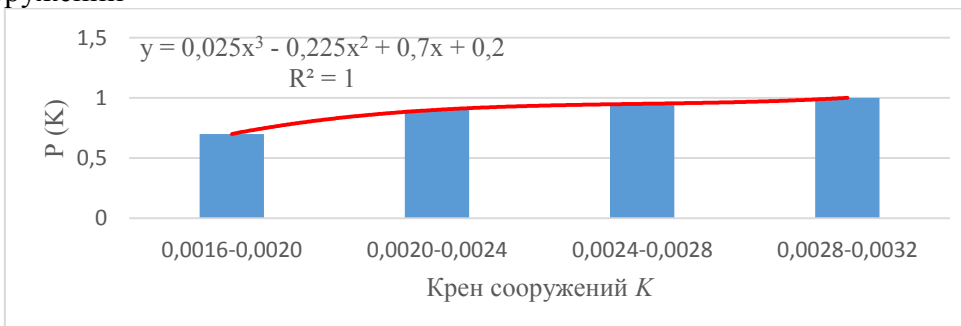


Рис. 8. Распределение вероятности значений проявления свойств интенсивности крена сооружений

Получим следующие соотношения полиномиальных зависимостей (12), (13), (14), (15):
 - для значений показателей трещин сооружений:

$$f(T) = 0,0333T^3 - 0,25T^2 + 0,716T - 1E - 12 ; \quad (12)$$

- для значений показателей осадок сооружений:

$$f(S) = -0,0333S^3 + 0,25S^2 - 0,4167S + 0,8 ; \quad (13)$$

- для значений показателей горизонтального перемещения сооружений:

$$f(\Delta S) = 0,025\Delta S^3 - 0,2\Delta S^2 + 0,57\Delta S + 0,3 ; \quad (14)$$

- для значений показателей крена сооружений:

$$f(K) = 0,025K^3 - 0,225K^2 + 0,7K + 0,2 . \quad (15)$$

Оценки коэффициентов значимости оползневых уязвимостей:

$$\delta_T \cong 0,50 ; \quad \delta_S \cong 0,60 ; \quad \delta_{\Delta S} \cong 0,70 ; \quad \delta_K \cong 0,70 .$$

Определим весовые коэффициенты рассмотренных нами оползневых уязвимостей для всех категорий уязвимостей. Перемножим соответственно по категориям показатели подверженности территории оползневым процессам (в процентах) и повторяемости случаев/год (см. табл. 1) между собой. Получим структуру комплексной уязвимости склоновой территории от оползневых процессов с учетом повторяемости в год (табл. 7).

Таблица 7. Структура комплексной подверженности территории оползневым процессам учетом повторяемости в год

Категории опасности оползневых процессов	Подверженность территории оползневым процессам , % с учетом повторяемости в год
Умеренно опасные	0,75
Опасные	2,75
Весьма опасные	3,5
Чрезвычайно опасные	4,0

Весовые коэффициенты оползневой уязвимости W_i (см. табл. 8) рассчитаем по формулам (9) и (10), в которых: Z_i – значимость весового коэффициента i -ой категории оползневой уязвимости; S_i – площадь территории (%), подверженной i -ой категории оползневой уязвимости с учетом повторяемости случаев в год; S – общая площадь (%) подверженности территории оползневым процессам.

Таблица 8. Значения величин W_i и Z_i

Категории опасности оползневых процессов	Значимость Z_i	Весовой коэф-т оползневой опасности W_i
Умеренно опасные	0,0075	0,07
Опасные	0,0275	0,25
Весьма опасные	0,035	0,32
Чрезвычайно опасные	0,04	0,36
	$\Sigma = 0,11$	

Анализ показателей оползневой уязвимости на вероятностную возможность реализации оползневых процессов на склоновых территориях, позволяют рекомендовать следующие ранжированные по степени значимости δ_i и оцененные по соответствующей шкале весов W_i количественные оценки риска оползневой уязвимости (табл. 9):

Таблица 9. Количественные оценки риска оползневой уязвимости

№ п/п	Показатели оползневой уязвимости	Категории уязвимости	Код	Весовой коэф-т W_i	Коэф-т значимости δ_i
1.	Трещины	Умеренно опасные	0	0,07	0,50
		Опасные	1	0,25	
		Весьма опасные	2	0,32	
		Чрезвычайно опасные	3	0,36	
2.	Осадки сооружений	Умеренно опасные	0	0,07	0,60
		Опасные	1	0,25	
		Весьма опасные	2	0,32	
		Чрезвычайно опасные	3	0,36	
3.	Горизонтальные перемещения сооружений	Умеренно опасные	0	0,07	0,70
		Опасные	1	0,25	
		Весьма опасные	2	0,32	
		Чрезвычайно опасные	3	0,36	
4.	Крены сооружений	Умеренно опасные	0	0,07	0,70
		Опасные	1	0,25	
		Весьма опасные	2	0,32	
		Чрезвычайно опасные	3	0,36	

Т.о., уровень оползневой уязвимости склоновых территорий зависит от четырехмерного вектора ранжировок. В табл. 10 приведен фрагмент значений оценок уровня уязвимостей.

Таблица 10. Оценка критерия уровня уязвимости ($k_{\text{норм}} = 1,1111$)

Код	$V_m(H)$	Код	$V_m(H)$	Код	$V_m(H)$	Код	$V_m(H)$
0000	0,1944	1000	0,2944	2222	0,8889	3330	0,7744
0001	0,3344	1001	0,4344	2223	0,9200	3331	0,9144
0002	0,3889	1002	0,4889	2230	0,7255	3332	0,9689
0003	0,4200	1003	0,5200	2231	0,8655	3333	1,0000

ВЫВОДЫ

По результатам оценки рисков на основе геодезического мониторинга склоновых территорий можно составить карты рисков локального, районного и регионального масштабов. Все это дает возможность спрогнозировать развитие оползневой ситуации на интересующей склоновой территории на заданный момент времени и, при необходимости, приступить к построению стратегии обеспечения оползневой безопасности на склоновых территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маций С. И. Новые методологические подходы к определению степени оползневого риска в строительстве // Известия вузов: Строительство. 2008. - № 5 (593). - С. 93-98.
2. Опасные экзогенные процессы // Под ред. В.И. Осипова. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.
3. Рагозин А.Л. Общие закономерности формирования и количественная оценка природных рисков на территории России // Вопросы анализа риска. 1999. Т. 1. № 24. С. 28 – 47.
4. Рагозин А.Л. Теория и практика оценки геологических рисков // Дисс. в виде научного доклада на соискание уч. ст. докт. г-м наук. М. 1997. 60 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ОПОРАХ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ СТАНКОВ

В.А. Смирнов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, belohvost@list.ru

Аннотация

Работа посвящена задаче экспериментального определения величин динамических нагрузок, создаваемых при работе тяжелых станков и прессов, которая зачастую возникает при реконструкции производства или его переезде на новое место, в случае утери части исходной информации об оборудовании. Такие данные также необходимы заводам-производителям оборудования при указании их в паспортных данных (в соответствии с требованиями СП 26.13330). Оценка динамических нагрузок, создаваемых виброактивным технологическим оборудованием производится на основании прямого метода измерений идентичного ГОСТ 26043, но с применением технологии модального анализа. Процедура определения нагрузок состоит из двух этапов. На первом этапе, производится приложение контролируемой динамической нагрузки (с помощью калиброванного источника колебаний) в места опирания виброактивного технологического оборудования с синхронной регистрацией отклика исследуемых конструкций. По результатам работ первого этапа определяются передаточные функции «оборудование – точки измерений». На втором этапе производится решение обратной задачи – по установленным на исследуемых элементах строительных конструкций датчикам в различных режимах работы виброактивного технологического оборудования производится регистрация отклика исследуемых конструкций. На основании анализа отклика конструкции на нагрузку, создаваемую при работе технологического оборудования и использовании измеренных на первом этапе передаточных функций, с применением аппарата статистического оценивания, определяются реальные максимально вероятные динамические нагрузки, создаваемые виброактивным оборудованием.

В работе приводится пример определения динамических нагрузок, создаваемых штамповочным прессом на одном из заводов в г. Москва.

ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена задаче экспериментального определения величин динамических нагрузок, создаваемых при работе тяжелых станков и прессов, которая зачастую возникает при реконструкции производства или его переезде на новое место, в случае утери части исходной информации об оборудовании.

В соответствии с положениями п. 5.1 СП 26.13330 или п. 4.1.5 СП 413.1325800, для проектирования фундаментов и иных несущих конструкций, на которые опирается виброактивное технологическое оборудование необходимо определять не только статические, но и динамические нагрузки, вызванные его работой. Такие характеристики должны быть указаны в паспорте виброактивного оборудования, однако зачастую производители не в состоянии дать исчерпывающих исходных данных для расчёта.

Задачей настоящего исследования стало определение динамических нагрузок, возникающих при работе на различных режимах штамповочного пресса с максимальным усилием 1900 т, установленного на новом промышленном предприятии в г. Москве. Общий вид пресса представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид прессы с усилием 1900 т.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе рассматриваем случай, когда оцениваемые силы являются динамическими по своей природе, то есть являются функцией времени. Методы экспериментальной оценки динамических нагрузок могут быть разбиты на три подкласса в зависимости от области в которой они определяются: 1) частотная область, 2) область модальной модели и 3) временная область.

При решении динамической задачи в частотной области используется линейная зависимость между приложенными силами и измеренным откликом конструкции как функция частоты. Допущение линейной зависимости между приложенной силой и откликом (перемещением конструкции, её деформацией и т.д.) в условиях рассматриваемой задачи правомочно, поскольку исследуемые строительные конструкции работают в упругой стадии. Эта линейная зависимость, называется передаточной функцией системы в частотной области (frequency response function) [1, 2]. Рассмотрим интеграл свертки, который определяет реакцию системы на входные силы:

$$x(t) = \int_0^t h(t-\tau) f(\tau) d\tau, \quad (1)$$

где $x(t)$ - вектор отклика, размерности ($n_s \times 1$);

$f(t)$ - вектор вынуждающей нагрузки, размерности ($n_f \times 1$);

$h(t)$ - импульсная передаточная функция, размерности ($n_s \times n_f$).

Произведя преобразование Фурье уравнения (1), получаем зависимость в частотной области:

$$X(\omega) = H(\omega)F(\omega), \quad (2)$$

где ω – угловая частота колебаний, Гц;
 $X(\omega)$ - вектор отклика, размерности (ns x 1);
 $F(\omega)$ - вектор вынуждающей нагрузки, размерности (nf x 1);
 $H(\omega)$ - частотная передаточная функция, размерности (ns x nf).

Передаточная функция может быть получена из экспериментально измеренных данных или может быть восстановлена из модальной модели системы, или может быть получена из численной модели, построенной с помощью метода конечных элементов [1]. Передаточная функция полностью определяет динамические характеристики системы [1, 2]. $X(\omega)$ можно измерить экспериментально, как любую физическую величину – перемещение, скорость, ускорение или деформацию (в рамках данной работы мы используем в качестве $X(\omega)$ измеренные значения ускорений).

Как только $X(\omega)$ и $H(\omega)$ известны, остается необходимым определить $F(\omega)$. По известному отображению $F(\omega)$ можно определить временную реализацию $f(t)$, исходя из которой вычислить максимальное и наиболее вероятное значение действующей динамической нагрузки. В случае если ns = nf, а матрица, определяющая передаточную функцию $H(\omega)$, является несингулярной, уравнение (2) можно обратить и представить в виде:

$$F(\omega) = [H(\omega)]^{-1} X(\omega). \quad (3)$$

К сожалению, эта обратная задача не так проста и однозначна, как может показаться на первый взгляд (с математической точки зрения). В работе [3] представлен отличный обзор трудностей, связанных с этим классом обратных задач. Обычно график передаточной функции состоит из ряда резонансных пиков, разделенных антирезонансными впадинами. В работе [4] автор изучал обратную задачу в частотной области и проблемы, связанные с оценкой нагрузки. Его исследование предполагает, что на любой конкретной частоте, особенно вблизи резонанса, в отклике преобладают несколько режимов, и поэтому $H(\omega)$ состоит из нескольких доминирующих элементов (соответствующих резонансным пикам) и множество мелких элементов (соответствующих антирезонансной области). Это приводит к плохой обусловленности матрицы $H(\omega)$ и очень небольшие вариации в измерении отклика могут вызвать большие изменения в оцененной входной силе $F(\omega)$.

В уравнении (3) информации достаточно, чтобы однозначно определить входные силы. Обычно можно измерить большее количество данных отклика, чем количество неизвестных сил, которые необходимо определить, в результате чего проблема переоценивается (ns > nf). Преимущество наличия большего количества уравнений, чем количества неизвестных, было изучено в [5], чтобы минимизировать влияние ошибок измерения, то есть улучшить условия обратной задачи. Таким образом, было предложено решение обратной задачи методом наименьших квадратов, чтобы учесть больше данных, чем неизвестных:

$$F(\omega) = \left([H(\omega)]^T [H(\omega)] \right)^{-1} [H(\omega)]^T X(\omega), \quad (4)$$

где $[H(\omega)]^T$ - эрмитово транспонирование матрицы $H(\omega)$.

Данный метод был впервые применён в работе [6] для оценки сил, действующих на ступицу вертолета. Они оценили комбинации двух ортогональных сил по четырнадцати измерениям отклика на трех разных частотах, которые были сопоставимы с непосредственно измеренными силами.

В работе [7] изучали влияние шума, влияющего на измеряемый отклик и на передаточную функцию, на точность оценки силы. Они применили метод наименьших квадратов для оценки силы в балочной конструкции, сил резания на режущей кромке фрезерного станка, сил, возникающих на опорах автомобильных двигателей, и сил, передаваемых на систему трубопроводов и опоры кондиционера. Они пришли к выводу, что шум в антирезонансной области был самым большим источником ошибок в идентификации входной силы, чем шум в резонансной области.

В [8] исследовали причину ошибок, возникающих при прогнозе сил по формуле (4). Они пришли к выводу, что плохо обусловленный характер уравнения связан с тем фактом, что матрица $\left(\left[H(\omega) \right]^T \left[H(\omega) \right] \right)$ часто близка к сингулярной с наихудшим числом обусловленности вблизи собственных частот системы. В матрице передаточной функции, как правило, преобладает компонент ранга один, соответствующий доминирующей форме вблизи резонанса.

В [9] применили данный метод в частотной области для оценки величины и местоположения силы удара, приложенной к круглой пластине. Для стабилизации обратной задачи использовалась регуляризация Тихонова.

Помимо плохо обусловленного характера уравнения (3), вблизи резонанса применение метода частотной области для оценки силы имеет еще один серьезный недостаток. Матрицу передаточной функции необходимо инвертировать на каждой частоте в интересующем диапазоне, что требует больших вычислительных ресурсов.

С учётом проведённого обзора, в данной работе оценка динамических нагрузок, создаваемых рассматриваемым прессом производится на основании прямого метода измерений идентичного ГОСТ 26043, но с применением технологии модального анализа. Процедура определения нагрузок состоит из двух этапов, схематично изображённых на рис. 2.

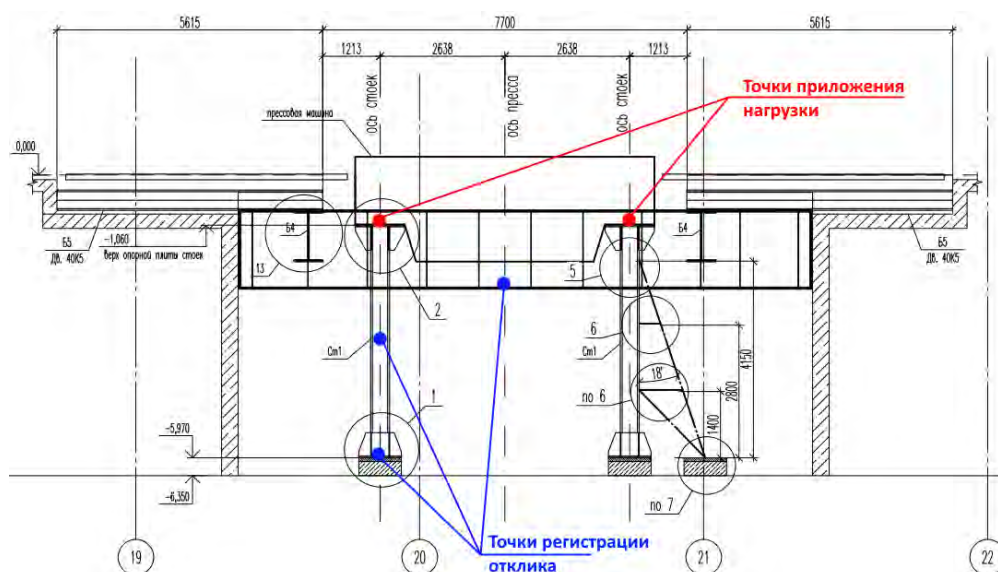


Рис. 2. Схема определения исходных значений динамических нагрузок

На первом этапе, производится приложение контролируемой динамической нагрузки (с помощью калиброванного источника колебаний) в места опирания виброактивного технологического оборудования (показаны на рис. 2 красным цветом) с синхронной регистрацией отклика исследуемых конструкций. По результатам работ первого этапа определяются передаточные функции $H(\omega)$ «оборудование – точки измерений».

На втором этапе производится решение обратной задачи – по установленным на исследуемых элементах строительных конструкций датчикам в различных режимах работы

виброактивного технологического оборудования производится регистрация отклика $x(t)$ исследуемых конструкций. На рис. 3 представлена фотофиксация установки акселерометров на подпятник (серым цветом) опоры прессы. Аналогичным образом установлены акселерометры и на другие три подпятника и на элементы строительных конструкций для синхронной регистрации отклика.

Для регистрации отклика использовались акселерометры со встроенной электроникой (стандарта ICP) PCB 352C03, 352C04, а также высокочувствительные акселерометры со встроенной электроникой типа BC-130. Для синхронной регистрации данных применялась многоканальная измерительная система National Instruments PXIe-1082, обеспечивающая синхронную запись 16 каналов ICP с частотой дискретизации до 8 кГц.



Рис. 3. Фотофиксация установки акселерометров на опору прессы

На основании анализа отклика конструкции на нагрузку, создаваемую при работе технологического оборудования и использовании измеренных на первом этапе передаточных функций, с применением аппарата статистического оценивания, определяются реальные максимально вероятные динамические нагрузки, создаваемые виброактивным оборудованием по аналогии с формулой (4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения обратной задачи регистрировался отклик строительных конструкций в различных режимах работы прессы, поскольку требовалось определить режим его работы, при котором возникают максимальные нагрузки на опорные конструкции. Характеристика режима напрямую не зависит от усилия штамповки, поскольку пресс содержит внутреннюю

систему амортизации штамповочного стола, поэтому измерения выполнялись при обработке не менее 4х различных по толщине деталей. Характерная акселерограмма колебаний в опоре прессы для одного из режимов представлена на рис. 4 для вертикальной составляющей виброускорения.

Как показывают результаты измерений, динамическое воздействие, создаваемое прессом, характеризуется наличием циклически повторяющихся эпизодов, связанных с постепенным смыканием стола и штампа, при этом наблюдается наличие постоянной составляющей на частоте вращения штампа.

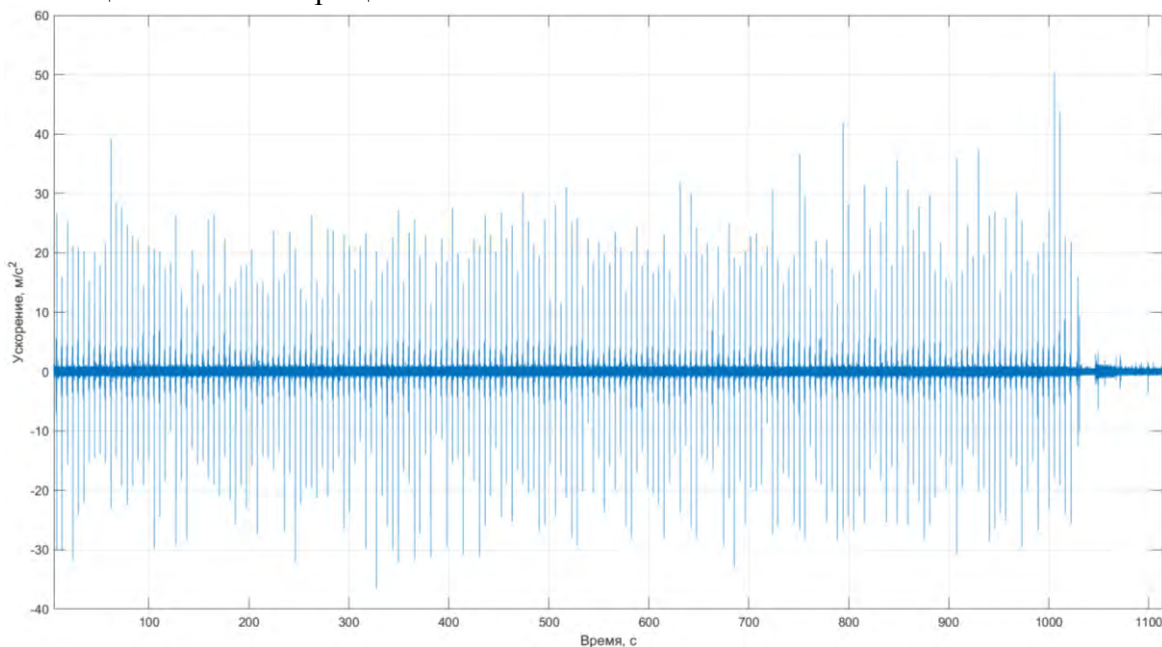


Рис. 4. Типовая акселерограмма колебаний при работе прессы

Идентификация нагрузки производится методом, описанным ранее, с учётом особенностей его реализации в ПК MatLab путём построения спектра сигнала отклика конструкции с применением «плавающего» преобразования Фурье. Временная реализация восстановленного сигнала нагрузки производится из восстановленного спектрального сигнала нагрузки с использованием обратного «плавающего» преобразования Фурье.

График восстановленного сигнала силы для одного из режимов работы прессы по измеренному отклику конструкции представлен на рис. 5. Цветом обозначены отдельные блоки «плавающего» преобразования Фурье, размер которых назначался из условия обеспечения наиболее точного восстановления сигнала по изображению.

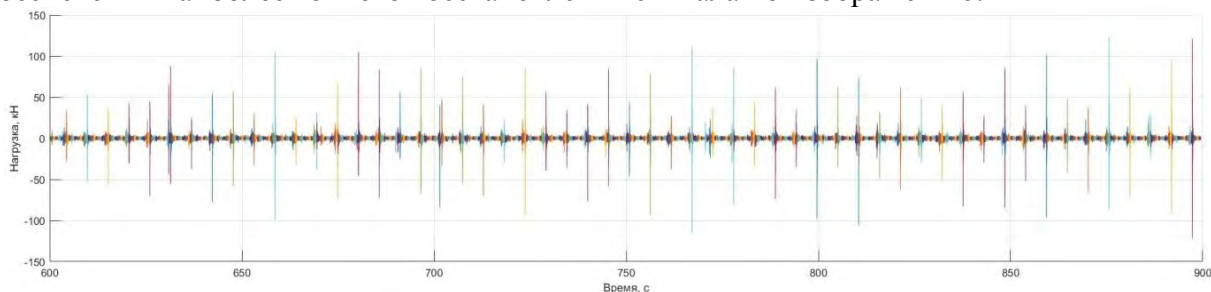


Рис. 5. Восстановленное значение нагрузки при работе прессы.

ВЫВОДЫ

В работе представлен метод экспериментального определения динамических нагрузок, создаваемых виброактивным технологическим оборудованием. Данный метод относится к косвенным методам измерений динамической нагрузки, поскольку не предполагает прямой

установки силоизмерителей между опорой оборудования и поддерживающей конструкцией (фундаментом), а позволяет восстановить значения нагрузок по измеренному в иных точках конструкции отклику, а также предварительно определённой передаточной функции между опорой оборудования и точкой измерения отклика. Критическим моментом при применении данного метода является точное определение передаточной функции при минимизации шумов оборудования и измерений, поскольку это вызывает существенное накопление ошибки при обращении матрицы передаточной функции и восстановлении нагрузки. Применение высокоточных датчиков и калиброванного ударника совместно с методами фильтрации сигналов позволило решить и эту задачу.

Метод позволил определить динамические нагрузки, создаваемые при работе штамповочного пресса, закон их изменения во времени, доминирующую частоту и иные параметры, необходимые для проектирования фундаментов такого оборудования по СП 26.13330. Экспериментально определённый коэффициент динамичности для такого пресса составил от 1,2 до 1,4 в зависимости от режима работы и типа обрабатываемой детали.

Результаты экспериментального определения динамических нагрузок далее использованы при расчёте несущих строительных конструкций и фундаментов пресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернов Ю.Т. Вибрация строительных конструкций М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 288 с.
2. Прикладной анализ случайных данных / Бендат Дж., Пирсол А. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 541 с
3. Stevens K.K. (1987). Force Identification Problems - An Overview. Proceedings of the 1987 SEM Conference on Experimental Mechanics, (pp. 838-844). Houston, TX.
4. Desanghere G., & Snoeys, R. (1985). Indirect Identification of Excitation Forces by Modal Coordinate Transformation. Proceedings of the 3rd International Modal Analysis Conference (IMAC), (pp. 685-690). Orlando, FL.
5. Hillary B. (1983). Indirect Measurement of Vibration Excitation Forces. PhD Thesis, Imperial College, Department of Mechanical Engineering, London.
6. Bartlett F., & Flannelly W.G. (1979). Model Verification of Force Determination for Measuring Vibratory Loads. Journal of the American Helicopter Society, 24 (2), 10-18.
7. Okubo N., Tanabe S., & Tatsuno T. (1985). Identification of Forces Generated by a Machine Under Operating Condition. Proceedings of the 3rd International Modal Analysis Conference (IMAC), (pp. 920-927). Orlando, FL.
8. Starkey J.M., & Merrill G.L. (1989). On the Ill-Conditioned Nature of Indirect Force Measurement Techniques. International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis, 4 (3), 103-108.
9. Hillary B., & Ewins, D.J. (1984). The Use of Strain Gauges in Force Determination and Frequency Response Function Measurements. Proceedings of the 2nd International Modal Analysis Conference (IMAC), (pp. 627-634). Orlando, FL.

ДЖЕНТРИФИКАЦИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Л. Суздалева, В.А. Курочкина, О.К. Криночкина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

В общепринятом значении джентрификация – это реновационная деятельность, конечной целью которой является создание городской застройки с максимально комфортными условиями для проживания. Это сопровождается значительным ростом цен на новое жилье, которое становится недоступным для большинства жителей. Данный процесс, к сожалению, неизбежен, но все же он не лишен позитивных аспектов. Получение финансовой выгоды от повышения качества жизни лишь для небольшой части населения открывает реальные возможности в области градостроения для развития инновационных решений и технологий, которые в будущем могут стать достоянием всего общества.

Оценка уровня качества жизни в районах джентрификации основывается не только на степени благоустройства помещений и территории внутри застройки, но и на их исторически сложившемся образе - имидже. В предшествующий период именно престижность застройки определенного участка городской территории определяла успешность этой деятельности. Но в настоящее время все большую значимость при оценке качества жизни приобретают вопросы общей и экологической безопасности. Примерами их игнорирования являются случаи просадки и подтопления нижних этажей зданий, возведенных на участках джентрификации, а также высокая загрязненность воздуха в этих районах города. Кроме того, все более важным становится видеоэкологический потенциал, т.е. удовлетворенность человека характером воспринимаемой им окружающей среды. Нередко стремление получить быструю экономическую выгоду подталкивает застройщиков джентрифицируемых участков к недостаточному учету неблагоприятных геоэкологических условий и косметическому благоустройству территории, рассчитанному на кратковременный период продажи жилья. В дальнейшем нежелательные, а иногда и опасные геоэкологические процессы начинают проявляться. Обеспечение высокого качества жизни в долговременной перспективе может быть достигнуто только на основе проектирования джентрификационной застройки как управляемой природно-технической системы. Важными направлениями этой деятельности являются контроль процессов техногенеза геологической среды и инженерно-экологическое обустройство городской гидрографической сети.

Ключевые слова: реновация; геоэкология городской застройки; природно-техническая система; техногенез геологической среды; городские водные объекты.

ФОРМЫ ДЖЕНТРИФИКАЦИИ ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

Под джентрификацией обычно понимают *целенаправленное создание отдельных районов города с более комфортными условиями для проживания и деловой активности.*

Как правило, это достигается путем сноса старой ветшающей городской застройки, районы которой нередко рассматриваются как *депрессивные пространства* [1]. После этого на данном участке возводятся новые жилые дома и офисные центры, отвечающие повышенным требованиям. Одновременно осуществляется перепланировка территории и создание на ней новой инфраструктуры. Джентрификация практически всегда сопутствовала развитию городов [2]. Уже в глубокой древности формировались участки застройки для проживания обеспеченных слоев общества и бедные кварталы. Расширение благоустроенных районов требовало сноса соседствующих с ними городских трущоб, население которых вынуждено было перемещаться в другие части города. Таким образом, в упрощенном виде джентрификация рассматривалась как изгнание бедных слоев населения из привычных мест

проживания и заселение освобожденных районов людьми со значительно более высокими доходами. Но в современных условиях данный процесс приобрел значительно более многоплановый характер. Прежде всего, можно выделить *две его основные формы*: экономическую джентрификацию и градостроительную. В случае *экономической джентрификации* изменение состава населения района происходит в результате скупки отдельных жилых помещений и переселения из них людей в другие районы. Это позволяет осуществлять постепенную реновацию жилого фонда. Нередко, несмотря на глубокую перепланировку помещений и полную замену коммунальных систем, внешний вид зданий, характерный для определенной исторической эпохи, сохраняется. Примером может служить получившая широкое распространение в 90-е годы XX века скупка частными лицами коммунальных квартир в старых домах центра Москвы с предоставлением их жителям отдельных квартир в других частях города. В результате за несколько лет состав населения таких районов как Арбат, Остоженка, Якиманка принципиально изменился [3].

Градостроительная джентрификация – это снос ранее существовавших зданий и сооружений с последующим возведением на их месте новых объектов. Примером является снос малоэтажной застройки, осуществляющийся в настоящее время в Москве в рамках программы реновации жилищного фонда. На многих освобождающихся участках планируется построить элитное жилье, недоступное для большинства бывших жителей данных районов, а также деловые и торгово-развлекательные центры.

Существуют иные формы джентрификации, из которых наибольшую известность получила *лофтизация* – перестройка крупных промышленных объектов под комфортабельные апартаменты и офисы, так называемые *лофты* [3]. В Москве подобный крупный проект реализуется на расположенной в центральной части города территории фабрики «Красный октябрь».

Рассматривая процессы джентрификации, следует обратить внимание на неоднозначность социальных последствий данного процесса. В современном мире это не только пространственная сегрегация населения по его доходам, приводящая к обострению социальных противоречий. Несомненно, перемена привычного места жительства способна вызвать у человека комплекс *психологических фрустраций и деприваций* [4]. Вместе с тем, большая часть людей, расселенная из коммунальных квартир в ходе экономической джентрификации центра Москвы, улучшило условия своей жизни. В этой связи следует также упомянуть о проводящейся в некоторых развивающихся странах *социальной джентрификации*, которая заключается в строительстве на месте сносимых трущоб жилья, доступного для значительной части населения с низкими доходами. При этом состав населения также меняется. Из него в значительной мере уходят криминальные, нелегальные и люмпенизированные элементы. Подобная социальная джентрификация интенсивно осуществлялась и во времена СССР. Например, к началу 70-х годов XX века в Москве в новые дома было расселено практически все население бараков и павалов.

Кроме того, финансовые средства, выделяемые на джентрификацию, создают основу для разработки и внедрения новых технологий в сферах градостроительной деятельности и благоустройства городской территории.

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ДЖЕНТРИФИКАЦИИ

Осуществление джентрификации требует привлечение значительных финансовых средств, а ее успешность оценивается, главным образом, на основе достигнутого экономического эффекта. Это обуславливает важность предварительного прогноза результатов этой деятельности. Основными факторами, определяющими их, являются: *престижность проживания в джентрифицированном районе, качество жизни, экологические условия и востребованность элитной застройки*. Основа этих представлений и их значимость в относительно короткий срок могут измениться. Так, в предшествующий период престижность нередко определялась расположением района. При этом особое значение

имела близость застройки к исторически сложившимся местам проживания аристократии или резиденциям людей, управляющих страной. Проживание в этих районах создавало имидж личного богатства и влиятельности. Восприятие престижности распространялось и на окружающие участки, которые становились перспективными для джентрификации, а по ее завершению создавали такие же условия для городской застройки, прилегающей к их границам. Таким образом, в некоторых случаях наблюдалось постепенное расширение границ джентрификации [5]. Вместе с тем, основа престижности района проживания может измениться. Например, в конце XX века джентрификация интенсивно распространялась в центральных районах Москвы. Люди, добившиеся значительного улучшения своего экономического положения, стремились переселиться с окраин города в его центр. Данный процесс рассматривался некоторыми исследователями как противоположный явлению *субурбанизации*, т.е. перемещению городского населения в пригороды [3]. Но всего через несколько лет вектор джентрификации изменил свое направление. Все большую престижность стала приобретать коттеджная застройка прилегающих к Москве территорий. Именно здесь в настоящее время располагаются наиболее обширные участки джентрификации. Вероятно, эти тенденции сыграли значимую роль в принятии в 2012 г. решения о расширении городских границ и создании планов по возведению Новой Москвы. Это в кратчайшие сроки привело к бурной градостроительной джентрификации многих населенных пунктов Московской области.

Высокое качество жизни, являющееся обязательным условием джентрификации, заключается не только в создании комфортабельной обстановки внутри помещений, но и в благоустройстве территории застраиваемого участка, а также в создании объектов инфраструктуры. Все большее значение также приобретают проблемы обеспечения безопасности. В условиях бурного развития комплекса мировых кризисов [6] у обеспеченных людей растет желание изолироваться от угроз внешнего мира. Важным аспектом качества жизни становится видеоэкология, т.е. влияние на психику и здоровье человека зрительного восприятия окружающей его среды [7]. Наиболее простым решением данной проблемы является подбор цветовой гаммы окружающих построек, способной вызвать позитивные эмоции [8]. Но современный человек все больше нуждается в контакте (в т.ч. зрительном) с элементами природной среды. По этой причине в рекламе элитной застройки большое место отводится описанию открывающегося из продаваемого жилья вида на озеро, реку, лесопарковую зону. Это существенно повышает его имидж и, соответственно, стоимость.

Экологические условия постепенно приобретают первостепенное значение при оценке людьми условий места своего проживания и жизнедеятельности. Главным образом это связано с постоянно возрастающей в современном обществе значимостью феномена *экологического страха*, т.е. опасений ухудшения здоровья в неблагоприятной окружающей среде [9]. Этот страх основывается на эмоциональном восприятии преподносимой человеку информации, нередко не имеющей под собой реальных оснований. В его сознании формируется определенный экологический имидж, т.е. не знание, а целенаправленно создаваемое представление о безопасности условий среды. Во многом оно основывается на возможности контакта с элементами природной среды – зелеными насаждениями, водными объектами и т.п. Все большую полярность приобретает *экоджентрификация*, при которой значительное внимание при проектировании элитной жилой застройки уделяется включению в нее элементов, имитирующих участки естественной среды, в том числе зеленых стен и крыш, водоемов с замкнутой циркуляционной системой.

Востребованность джентрификации определяется финансовыми возможностями населения и особенностями его менталитета. В ряде случаев основной причиной неудачи реализации подобных проектов являлось именно отсутствие достаточного количества людей, обладающих средствами для приобретения элитного жилья. Значимую роль могут иметь и особенности менталитета. Наиболее ярким примером может служить неудача

крупномасштабной джентрификации в современном Китае. В начале XXI века на его территории было возведено несколько десятков благоустроенных городов [10, 11]. Но большинство из них до сих пор остаются незаселенными. Для китайского менталитета характерна привязанность к месту своего рождения. Поэтому даже жители страны, обладающие достаточными средствами для покупки жилья, предпочли остаться жить в худших условиях.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ДЖЕНТРИФИКАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Обобщающий анализ процесса джентрификации позволяет выделить три тенденции, свойственные ее развитию на современном этапе.

Во-первых, этот процесс все чаще происходит не в центральных районах крупных городов, а охватывает небольшие населенные пункты, расположенные в пригородных зонах. В ходе их застройки элитным жильем, как правило, происходит вытеснение населения, ранее проживавшего на этих участках, включая людей, переселившихся из города или работающих на его территории. По этой причине, подобные явления следует рассматривать именно как одну из форм джентрификации, а не субурбанизации.

Во-вторых, для современной джентрификации характерна тенденция обособления элитной застройки. Между ней и другими районами города организуются озелененные участки или возводятся ограждения по ее периметру. Все более востребованной становится джентрификация, которую можно обозначить как *островная*. В этом случае в благоустроенный район для людей с высокими доходами превращается небольшой населенный пункт, расположенный на некотором удалении от мегаполиса, но отделенный от него либо пространством, сохранившим облик природной среды, либо сельскохозяйственными угодьями. Именно так планируется застройка значительной части территории Новой Москвы.

В-третьих, если раньше основным фактором развития джентрификации была престижность проживания в элитной застройке, то сейчас приоритетное значение приобретает обеспечение безопасности. Данная проблема имеет много аспектов, из которых в рассматриваемом случае основное внимание уделяется двум: личной безопасности и экологической безопасности человека. В общепринятом значении *обеспечение личной безопасности* – это создание условий, при которых риск нанесения человеку вреда другими лицами или опасными происшествиями сведен до минимально возможного уровня. Эта задача в районах джентрификации решается, главным образом, путем организации частной охраны и созданием барьеров, препятствующих проникновению на территорию посторонних лиц. *Экологическую безопасность* можно определить, как степень защищенности человека от риска воздействия на его здоровье неблагоприятных условий среды, в которой он существует [12]. В отличие от личной безопасности некоторые факторы, влияющие на уровень экологической безопасности, могут быть идентифицированы только после проведения специальных анализов, а иногда и серьезных научных исследований. Так, в первой половине XX века при строительстве элитного жилья широко использовались материалы, содержащие асбест, что существенно повышало пожарную безопасность зданий. Но в дальнейшем, в ходе научных исследований, было установлено, что асбест является канцерогеном, и люди, проживающие в зданиях, при постройке которых он применялся, подвержены повышенному риску онкологических заболеваний. В настоящее время даже недостоверная информация об экологической опасности строительных материалов может свести на нет все результаты джентрификации.

Спектр *экологических рисков джентрификации* весьма широк. Условно их можно разделить на две категории: внешние и внутренние риски. Источники *внешних экологических рисков* находятся за пределами данной территории. В первую очередь - это уровень загрязненности воздуха, который и явился одной из главных причин переноса

джентрификации из центральных частей мегаполисов, за их пределы. С этой же целью во второй половине XX века широкое распространение как форма элитной застройки получили *пентхаусы* – обособленные строения, возводимые на крышах высотных зданий. Предполагалось, что живущие в них люди находятся выше сильнозагрязненного приземного слоя городского воздуха. Но впоследствии были получены результаты исследований, согласно которым смена давления при периодических подъемах и спусках на скоростных лифтах способствует развитию сердечнососудистых заболеваний. В настоящее время проблему внешних экологических рисков при джентрификации нередко пытаются решить на основе создания позитивного имиджа месторасположения застройки. Например, распространяется информация об удаленности района от промышленных предприятий и преобладающем направлении воздушных потоков, приносящих в него незагрязненный воздух.

Внутренние экологические риски связаны с явлениями и процессами, происходящими в пределах участка джентрификации, в результате чего качество окружающей среды может значительно ухудшиться. Например, это высачивание вредных газообразных веществ из загрязненных грунтов под фундаментами зданий с последующим их распространением внутри зданий. Эти проблемы также часто решаются на основе экологического имиджмейкинга. Например, создаются и распространяются различные экологические карты, убеждающие покупателей элитного жилья в отсутствии подобных угроз.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ

Джентрификация осуществляется на участках, геологическая среда которых ранее уже подверглась трансформации при осуществлении различных видов деятельности. Образовавшиеся в результате этого *техногенные геологические тела* по своим свойствам отличаются от естественных [13]. Воздействия, оказываемые на техногенные геологические тела во время строительства зданий и в период последующий эксплуатации, могут иметь более значимые последствия, чем при осуществлении той же деятельности на основе естественной геологической среды. Как правило, угроза развития опасных явлений в этих условиях существенно возрастает [14].

Наиболее распространенными *источниками личной и экологической опасности* на урбанизированных территориях являются спровоцированное человеческой деятельностью обводнение и разуплотнение грунтов и горных пород, а также высачивание токсичных газообразных продуктов, образующихся из разлагающегося мусора и отходов, нередко захораниваемых при подготовке строительной площадки и при засыпке котлованов.

Среди причин техногенного обводнения геологической среды можно выделить две основные категории, характер которых принципиально различается. Первая из них, это утечки из подземных трубопроводов. Подобные явления получили массовое распространение не только в Российской Федерации, во многих городах других стран. Так, в США утечки воды из старых подземных трубопроводов достигают 30%, а из новых – 7-10%; в Финляндии потери воды в подземных системах водоснабжения в среднем составляют 18%, иногда достигая 34% [15]. Обводнение подземной среды, в том числе в форме образования так называемых *техногенных водных линз*, может сохраняться в течение длительного периода после прекращения подачи воды в текущие водоводы. В определенной мере подобные явления можно рассматривать как разновидность *накопленного экологического вреда*. При возведении новых зданий в районах джентрификации данный фактор не всегда учитывается в полной мере. Вторая категория причин техногенного обводнения геологической среды - это барраж подземного стока, т.е. создание водонепроницаемых преград в форме заглубленных частей возводимых объектов и свайных полей, а также увеличение статической нагрузки от строительства многоэтажных зданий [15]. В Москве подобные проблемы возникли в таких районах джентрификации как Москва-Сити, Воробьевы горы, Алые паруса [16]. Эти факторы техногенного обводнения геологической

среды могут действовать одновременно, усиливая друг друга. Их наиболее опасными последствиями является оползнеобразование, вызывающее деформацию сооружений, а также процессы карста и суффозии, сопровождающиеся возникновением подземных пустот и проседанием грунтов. Примером может служить образование провалов под асфальтобетонными покрытиями городов. Так, в Москве за последние 20 лет наблюдалось более 200 техногенных провалов, создавших угрозу для автомобилей и даже жилых домов [17]. Некоторые из них произошли в районах, которые можно рассматривать как джентрифицированную застройку (Трубная площадь, Ленинградский проспект и др.).

Прогнозировать опасные геологические процессы на основе материалов изысканий, предшествовавших возведению новой застройки, во многих случаях затруднительно. Многие из них развиваются в течение длительного времени под влиянием совокупного воздействия широкого спектра природных и техногенных факторов. Проявление опасных последствий наступает уже после того, как объекты капитального строительства и инфраструктуры в зоне джентрификации эксплуатируются достаточно длительный период. Помимо объективных факторов в развитии данной проблемы важную роль играет и ее субъективная сторона. Застройщики, с целью получения в кратчайшие сроки максимальной экономической выгоды, стремятся игнорировать опасности, обусловленные техногенной трансформацией геологической среды в долгосрочной перспективе. Основное внимание на завершающем этапе джентрификации уделяется косметическим мероприятиям, создающим имидж безопасности территории (планировке рельефа, ландшафтному дизайну и т.п.).

В силу перечисленных выше причин проявление опасных геологических процессов часто становится неожиданностью для городских жителей и приводит к катастрофическим последствиям. Для решения данной проблемы необходим не только мониторинг строительных конструкций, который, как правило, отражает опасные явления на этапе их бурного развития, но и мониторинг непосредственно геологической среды. Для этого на этапе ее проектирования новой застройки необходимо предусматривать создание специальных подземных инженерно-технических сетей, способных отслеживать изменения геологической среды. Кроме того, эти конструкции должны обеспечивать возможность управлять ситуацией - прежде всего, осуществлять дренаж и откачку избытка подземных вод. Большое значение может иметь и отвод образующихся под землей токсичных газообразных веществ. При соблюдении этих условий геологическая среда превращается в один из элементов *управляемой природно-технической системы* [19], способной обеспечить личную и экологическую безопасность населения урбанизированных территорий.

Важной задачей современной джентрификации также является создания *систем управления гидрографической сетью* на урбанизированных территориях, а также отдельными водными объектами, расположенными в их пределах. Данная проблема носит многоплановый характер. Наибольшую значимость имеют два аспекта: искусственно создаваемые угрозы внезапного затопления в результате недоучета особенностей структуры гидрографической сети и деградация водных объектов по причине отсутствия необходимого инженерно-экологического обустройства.

Гидрографическая сеть на городских территориях подвергалась глубокой трансформации в течение всего периода их развития [20]. Так, многие малые реки и ручьи путем сооружения плотин превращались в цепь прудов, и при прорыве плотин, как правило земляных, вода стекала по бывшему руслу, которое, как и потенциально затапливаемые участки, не застраивалось. В настоящее время в период стремительно развивающейся градостроительной джентрификации пойменные участки многих водотоков интенсивно застраивались. Одновременно в их верховьях восстанавливались пруды, рассматривавшиеся как гидравлически обособленные водные объекты. При прорыве плотин, ограждающих такие пруды, например при выпадении обильных осадков, большая масса воды устремится по тальвегу, т.е. застроенному элитным жильем бывшему руслу реки и ее пойме. Помимо

прямой опасности для населения подобные события неизбежно будут сопровождаться ухудшением экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации. Для предотвращения подобных событий в существующих условиях необходимо создание систем, отслеживающих состояние гидрографических сетей и сооружений, обеспечивающих водоотведение в аварийной ситуации. Эти системы надо рассматривать как один из **экологических регуляторов** природно-технической системы урбанизированной территории. Более того, создание экологических регуляторов является необходимым условием сохранения благоприятных условий в малых городских водных объектах, которые используются как важнейший элемент экодизайна джентрифицированной застройки и создают благоприятный микроклимат. В качестве таких экологических регуляторов обычно используются закамуфлированные системы искусственной циркуляции, аэрации и очистки вод [20]. При отсутствии надлежащего инженерно-экологического обустройства подобные объекты, которым при возведении элитной застройки придается облик, значительно улучшающий видеозекологию территории, в течение короткого времени деградируют, превращаясь в отстойники загрязненного поверхностного стока и место размножения кровососущих насекомых, некоторые из которых являются переносчиками инфекционных заболеваний.

ВЫВОДЫ

1. На современном этапе высокое качество жизни в районах джентрификации может быть обеспечено только при условии своевременного изучения геоэкологических проблем, мониторинга обуславливающих их процессов и устранения связанных с ними угроз личной и экологической безопасности.

2. Для устойчивого сохранения благоприятных экологических условий на урбанизированных территориях новая застройка должна проектироваться как управляемая природно-техническая система.

3. Обеспечение личной и экологической безопасности населения в период осуществления крупномасштабной градостроительной деятельности требует создания специальных инженерных систем – регуляторов состояния геологической среды и гидрографической сети на урбанизированной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лосевская О.Д. История появления «депрессивных» пространств в центральной части г. Новосибирска // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ: материалы международной научно-практической конференции. М.: Изд-во: Московск. Архитектурн. институт (гос. академия), 2015. С. 290-293.
2. Шишов В.Д. Джентрификация как стратегия развития городов // Вестник современных исследований. 2018. №11.8(26). С. 455-457.
3. Махрова А.Г., Татаринцева А.А. Развитие процессов джентрификации и реконструкция городской среды центра Москвы в постсоветский период // Региональные исследования. 2006. №3(9). С. 28-42.
4. Суздалева А.Л. Экологические фрустрации и депривации как основа восприятия условий окружающей среды населением урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2015. №3. С. 12-17.
5. Махрова А.Г. Трансформация системы расселения Московского региона в связи с развитием рынка жилья // Актуальные социально-экономические проблемы развития городов России. // Сборник научных статей. Владимирские чтения. Российская академия архитектуры и строительных наук. М.: РААСН, 2005. С. 118–128.
6. Суздалева А.Л. Экологическая глобалистика и устойчивое развитие на этапе техногенной трансформации биосферы // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. №1. С. 6-11.
7. Филин В.А. Видеозекология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: МЦ «Видеозекология», 1997. 320 с.
8. Грибер Ю.А. Цветовые аспекты проектирования джентрификации в европейских городах // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2011. №9(63). С. 36-39.
9. Кара-Мурза С.Г. Манипуляция сознанием. М.: Эксмо, 2005. 832 с.
10. Пиллер О.К., Буяров Д.В. Города-призраки Китая: проблемы и перспективы // Россия и Китай: проблемы стратегического взаимодействия: сборник Восточного центра. 2016. №18. С. 27-31.

11. Mingye L. Evolution of Chinese Ghost Cities. Opportunity for a Paradigm Shift? The Case of Changzhou // *China perspectives*. 2017. №1. P.69-78.
12. Суздалева А.Л. Современный характер урбанизации и необходимость комплексного решения проблем экологической безопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны труда // *Экология урбанизированных территорий*. 2014. №2. С.12-16.
13. Суздалева А.Л. Вторая геология – наука о техногенных телах литосферы // *Естественные и технические науки*. 2020. №3(141). С. 176-177.
14. Осипов В.И., Еремина О.Н., Козлякова И.В. Оценка экзогенных опасностей и геологического риска на урбанизированных территориях (обзор зарубежного опыта) // *Геоэкология. Инженерная Геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2017. №3. С. 3-15.
15. Зими́на А.А., Суханов А.М. Опасные геологические процессы на территориях городов // *Проблемы и перспективы развития инженерно-строительной науки и образования*. Курган: Издательство: Курганск. гос. сельскохоз. академия им. Т.С. Мальцева (Лесниково). 2018. С. 4-6.
16. Белостоцкий А.М. Прогнозное математическое моделирование состояние и техногенной безопасности ответственных объектов и комплексов мегаполиса // *Вестник МГСУ*. 2006. №3. С.40-61.
17. Кучуков Э.З., Филькин Н.А., Лаухин С.А. К оценке опасности геологических, инженерно-геологических и техногенных процессов при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений на урбанизированной территории // В сборнике: *Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи* М.: Изд-во: РУДН. 2016. С. 310-314.
18. Суздалева А.Л. Создание управляемых природно-технических систем. М.: ИД ЭНЕРГИЯ, 2016. 160 с.
19. Безносов В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А., Колесникова Е.Л. Оценка состояния малых городских водных объектов и пути их инженерно-экологического обустройства // *Безопасность энергетических сооружений*. 2007. Вып. 16. С.216-228.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ НА ВЫСОТЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н.Т. Фам, Д.А. Корольченко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ppe_mgsu@mail.ru

Аннотация

Представлены результаты анализа количества несчастных случаев по видам деятельности с тяжелыми последствиями и со смертельным исходом в Российской Федерации. Разобрана специфика выполнения работ на высоте, а также основные системы обеспечения безопасности при выполнении работ на высоте в производственном секторе. Выявлены взаимосвязи между риском и тяжестью травм от падения с высоты, перепадом высоты, применением средств индивидуальной защиты от падения с высоты, продолжительностью выполнения конкретной задачи при выполнении работ на высоте, погодными условиями. Рассмотрены наиболее частые работы, при выполнении которых высока вероятность падения с высоты. Представлены результаты анализа несчастных случаев в строительной отрасли, в частности, несчастных случаев при падении пострадавшего с высоты. Результаты проведенного анализа показывают необходимость и актуальность проведения научных исследований в области обеспечения безопасности при выполнении работ на высоте.

ВВЕДЕНИЕ

Падение можно определить, как случай, когда «человек теряет равновесие и переходит из вертикального положения в положение лежа или полулежа» [1]. При ходьбе вес тела (т.е. центр тяжести) поддерживается правой или левой ногой, т.к. одна нога перемещается впереди другой во время шага. Это движение требует человека балансировать его вес тела на опорную ногу. Все, что нарушает этот баланс, может стать причиной падения. Несчастные случаи по причине падения могут быть классифицированы следующим образом:

- Падение на ровной поверхности одного уровня: когда падение рабочего начинается и заканчивается на той же рабочей поверхности.
- Падение пострадавшего с высоты: когда падение работника начинается на одном уровне и заканчивается на нижнем.

Оба вида падений могут привести к травмам, которые могут быть такими же незначительными, как ушибы и растяжения, и такими же серьезными, как переломы и порезы. Самым серьезным последствием падения может быть мгновенная смерть работника или как следствие травмы.

Существует множество средств для предотвращения падения и защиты от падения, которые можно применять на строительных площадках для предотвращения падения работников или смягчения последствий после падения [2-4], таких как защитные ограждения [5], защитно-улавливающие сетки, предупреждающие знаки и системы обеспечения безопасности работ на высоте. Системы обеспечения безопасности работ на высоте полезны с точки зрения снижения частоты или тяжести травм, связанных с падением [6]. Отмечается что системы обеспечения безопасности работ на высоте являются наиболее применимыми, экономичными и перспективными среди средств защиты от падения, и их правильное использование должно предотвращать травмы и смертельные случаи, вызванные падениями [7-9].

Системы обеспечения безопасности работ на высоте состоят из следующих совместимых средств индивидуальной защиты от падения с высоты в качестве элементов, компонентов или подсистем: анкерного устройства [10, 11], привязи [12] и соединительно-амортизирующей подсистемы [13-15]. Системы обеспечения безопасности работ на высоте можно разделить на несколько типов: удерживающие системы, страховочные системы,

системы позиционирования, системы канатного доступа [16, 17], системы эвакуации и спасения [18]. Выбор применяемой системы или систем осуществляется исходя из поставленной задачи, конфигурации строительных конструкций, архитектуры здания, доступных опор для установки анкерных устройств, продолжительности работ и т.д. [19-21].

Строительство – одна из крупнейших отраслей экономики, также известна как отрасль работ повышенной опасности. Она включает в себя широкий спектр деятельности: возведение зданий и сооружений, их ремонт и техническое обслуживание, а также реновация, реставрация и реконструкция. Строительные работы являются трудоемкими, в процессе которых рабочие подвергаются серьезным опасностям и рискам. Профессиональные риски травмирования строительных рабочих связаны со спецификой работы, включая высотные виды работ (падение с крыш, строительных лесов, лестниц и т.д.), земляные работы (обрушение траншей, эксплуатация землеройно-транспортных машин), применение подъемных механизмов (кранов и строительных лебедок), использование электрооборудования и ручных инструментов, а также транспортных средств на строительной площадке. Строительные площадки часто находятся в беспорядке, загромождены, что способствует возникновению аварийных ситуаций. Строительные рабочие также подвержены воздействию ряда факторов риска для здоровья, включая воздействие опасных веществ (таких как асбестосодержащая пыль, кварц и другие опасные вещества), перемещение вручную тяжелых и громоздких грузов, воздействие высокого уровня шума и вибрации (как от ручных инструментов, так и от крупных машин). Боль в спине и другие мышечные травмы от поднятия тяжелых грузов составляют значительную долю производственного травматизма в этой отрасли промышленности. Асбест представляет собой особую проблему, т.к. даже если использование асбеста было запрещено во многих (но не во всех) странах, то строительные работники могут подвергаться опасному уровню присутствующей в воздухе асбестовой пыли при демонтаже зданий, реконструкции и ремонтных работах. Воздействие этих опасностей и рисков приводит к более высокому уровню травматизма, чем в других отраслях.

Безопасность в строительстве считается первостепенной задачей для создания надежной основы, на которой могут процветать строительные предприятия и их работники. Сегодня строительная отрасль стремится к концепции «нулевого травматизма» на объектах, рассматривая безопасность как часть культуры организации и соотносит безопасность с качеством.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании сведений о видах несчастных случаев с тяжелыми последствиями, публикуемых каждые полгода Рострудом, в табл. 1 представлено количество несчастных случаев с тяжелыми последствиями и со смертельным исходом в РФ в период с 2014 по 2018 год.

Таблица 1. Виды несчастных случаев с тяжелыми последствиями и со смертельным исходом в РФ

Наименование вида несчастного случая	Количество несчастных с случаев									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	с тяжелыми последствиями	со смертельным исходом	с тяжелыми последствиями	со смертельным исходом	с тяжелыми последствиями	со смертельным исходом	с тяжелыми последствиями	со смертельным исходом	с тяжелыми последствиями	со смертельным исходом
Всего по субъектам РФ	5090	1943	4434	1414	4796	1596	4437	1382	3709	1064

Транспортные происшествия	550	333	384	217	561	244	228	155	301	162
Падение пострадавшего с высоты	1572	420	1178	302	1255	314	1095	278	980	220
Падение на ровной поверхности одного уровня	466	55	440	43	438	34	499	41	452	27
Падение, обрушение, обвалы предметов, материалов, земли и пр.	647	259	496	191	538	199	507	185	458	163
Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и т.д.	1357	325	1202	283	1131	317	1164	333	913	222
Другие виды	498	551	734	378	873	488	944	390	605	270

Из табл. 1 можно видеть, что общее количество несчастных случаев в РФ снижается.

На рис. 1 изображено доля несчастных случаев с тяжелыми последствиями по видам несчастных случаев на производстве за период с 2014 по 2019 года. Из графика наблюдается увеличение доли несчастных случаев от падения с высоты. В 2018 году практически каждый третий несчастный случай (34%) произошёл в результате падения пострадавшего с высоты.

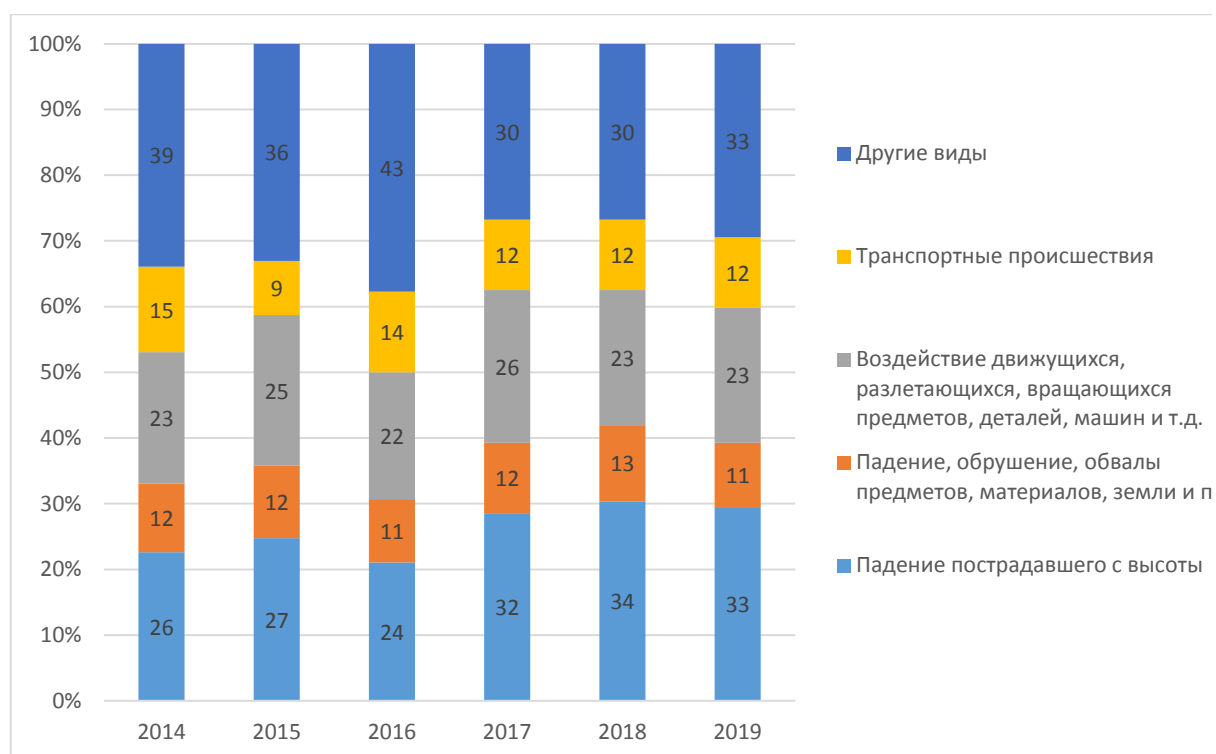


Рис. 1. Виды несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями

Перепад высоты напрямую связана с риском падений и использованием СИЗ от падения с высоты [22]. В нескольких статьях было обнаружено, что тяжесть травм от

несчастных случаев при падении увеличивается с увеличением высоты падения [23, 24]. Тем не менее, некоторые исследования показали, что большинство инцидентов произошли на относительно низких высотах (меньше 9 м). Изучение 1018 отчетов о расследовании несчастных случаев от падения с высоты [25], в которых содержалась информация о высоте падения показало, что средняя высота объектов, где произошли падения, составляла 11,4 м; и более 70% падений произошли с высоты ниже 9 м. Из этого можно предположить, что методы и средства защиты от падения с высоты меньше используются на более низких высотах. Средняя высота падения со смертельным исходом составляла 12,5 м [26]. Это указывало на то, что, поскольку авария произошла на более высоком уровне, смерть была более вероятным исходом.

Исследование связи между использованием СИЗ от падения с высоты и рабочей высотой при возникновении несчастных случаев от падения с высоты показали, что использование СИЗ от падения с высоты увеличивалось с увеличением рабочей высоты и резко увеличивалось, когда рабочая высота превышала 9 м (максимум до 55%) [27].

Проблемы, связанные с организацией анкерных устройств, были упомянуты в нескольких статьях по анализу несчастных случаев в строительной отрасли. Причинами падений с тяжелыми травмами является отсутствие анкерной точки [2, 27], а также из-за того, что рабочие просто не могут найти подходящее место для ее организации [25]. По этим причинам предложено предусматривать установку анкерных устройств еще на стадии проектирования [28, 29]. Стационарные анкерные точки для установки анкерных линий и прикрепления привязи могут снизить риски падения.

Три наиболее частые работы, при выполнении которых высока вероятность падения с высоты: использование инструмента (24%), погрузочно-разгрузочные работы (22,5%) и подъем или спуск по лестнице (10,4%) [27]. СИЗ от падения с высоты не требуется, когда рабочие выполняют последнее (подъем или спуск высотой не более 5 м по лестнице с наклоном менее 75° к горизонту); рабочие должны применять СИЗ от падения с высоты при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и использовании инструментов на высоте более 1,8 м. Сяо и Сименов заявили, что «имеется достаточно экспериментальных данных, свидетельствующих о том, что выполнение погрузочно-разгрузочных работ влияет на контроль баланса с помощью различных механизмов» [23]. Хотя нет статей, объясняющих, как использование инструмента было связано с повышенным уровнем несчастных случаев при падении с высоты, поскольку использование инструмента является видом физической нагрузки и требует полного внимания человека, некоторые исследования показали, что разделение внимания может увеличить вероятность споткнуться и упасть [30].

В кровельной промышленности, 9,4% из 288 несчастных случаев с падением с высоты, были связаны с монтажом металлических конструкций [31]. Причиной падения рабочих во время монтажа металлоконструкций стало то, что им пришлось временно отсоединиться, чтобы переместиться или перейти на другое рабочее место [25]. Падение с балок или других конструкций в основном были связаны с неправильным использованием СИЗ от падения с высоты [2].

Продолжительность работы является фактором, которому уделяется мало внимания в исследованиях несчастных случаев. Никто непосредственно не обсуждал связь между продолжительностью выполнения определенных задач и частотой падений при их выполнении. Тем не менее, в нескольких статьях упоминалось, что некоторые работники чувствовали затруднение в том, чтобы подсоединить привязь к анкерным устройствам на короткий промежуток времени, а затем снова отцепить, чтобы сменить рабочее место или переключиться на другую задачу [25]. Этот факт предполагает, что использование СИЗ от падения с высоты может быть редким, если продолжительность конкретной задачи короткая.

Погодные условия также оказывают существенное влияние на безопасность выполнения работ на высоте. Так, дождь или сильный ветер способствовали 11% из 55 исследованных случаев, связанных с падением с высоты [31]. В зимние и весенние месяцы (с декабря по май) падения составляли большую долю всех несчастных случаев, чем в летние и осенние месяцы (с июня по ноябрь); т.е. холодные погодные условия могут вызвать больше падений, чем «мягкая» погода [25]. Предполагается, что это может произойти из-за того, что состояние рабочего покрытия более скользкие, а перемещения рабочих зимой медленнее, чем летом.

По сравнению с другими отраслями, строительные работы считаются одними из самых опасных. Наиболее распространенные несчастных случаев в строительной отрасли являются: падение с высоты; воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов; падение, обрушение, обвалы предметов; и транспортные происшествия. Будь то строительство домов, плотин, мостов или небоскребов, большинству строителей приходится работать на высоте, что может привести к фатальным падениям. Смертность и травмы в результате падений являются давней и постоянной проблемой в строительстве. Половина несчастных случаев с тяжелыми последствиями в строительстве происходит в результате падения пострадавшего с высоты. На рис. 2 изображено доля погибших на производстве в организациях по видам экономической деятельности от общего количества погибших за период с 2014 по 2019 года. График показывает, что самая большая доля погибших на производстве приходится строительную отрасль – более 20%.

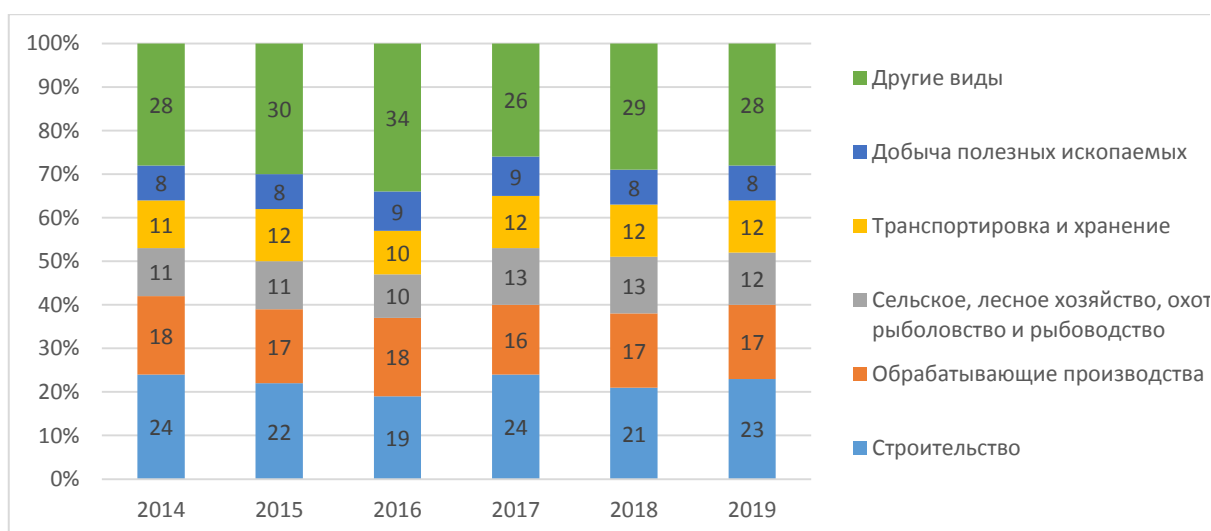


Рис. 2. Погибшие на производстве в организациях по видам экономической деятельности от общего количества погибших.

Из 176 несчастных случаев в норвежской строительной отрасли, расследованных Норвежским управлением инспекции труда в 2015 году [32], было 81 падение с высоты, что составляет 46% несчастных случаев. Высота падения была известна в 68 из 81 несчастных случаев падения. Средняя высота падения составляла 3,9 м, максимальная высота - 17 м, минимальная - 0,5 м. 78% несчастных случаев при падении были между двумя и пятью метрами. В некоторых случаях падения, пострадавший падал в два или более этапа, а в других случаях пострадавший падал в валы или тому подобное, что замедляло падение. 73% несчастных случаев при падении были оценены как вероятные смертельные случаи, если бы произошли незначительные изменения в обстоятельствах (один был смертельным исходом).

Сравнительный анализ смертельных несчастных случаев в строительной отрасли трех стран (США, Южная Корея и Китай) в период 2011–2015 гг. показало, что в Китае было

зафиксировано самое высокое среднее количество смертельных несчастных случаев в строительстве – 2328, за которым следуют США – 881 и Южная Корея – 533. Однако в Южной Корее самый высокий средний уровень смертности в строительстве, который составил 17,9%, за ней следуют США 9,4% и Китай 5,3%. Кроме того, общее количество смертельных несчастных случаев в строительной отрасли США значительно увеличилось на 26% с 2011 по 2015 год (с 781 до 985), в то время оно значительно снизилось в Китае на 28% (с 2634 до 1891) и на 21% (с 621 до 493) в Южной Корее. Наиболее распространенным типом несчастных случаев в трех странах в течение периода исследования было падение пострадавшего с высоты. В Корее и Китае отмечается более высокий уровень падения пострадавшего с высоты (среднее значение 50% и 54% соответственно), по сравнению с другими типами несчастных случаев в строительной отрасли. В США на протяжении всего исследовательского периода падения (включая падения с высоты и падения на поверхности одного уровня) также являлись самым распространенным типом несчастного случая (в среднем 36%, в основном падения пострадавшего с высоты). В литературе отмечается, что падения являются одной из основных причин смерти от случайных или непреднамеренных травм во всем мире [33] (Всемирная организация здравоохранения - ВОЗ, 2018 г.). По данным OSHA Training Institute [34], падение с высоты является основной причиной смертельных случаев в строительстве, в то время как падение на одном уровне (скольжение и спотыкание) является одной из основных причин травмирования.

Анализ типов несчастных случаев, связанных с производством строительных работ в Гонконге с 2011 по 2017 год [35] показал, что после каждого года сбора данных, результаты показали, что тип несчастного случая в результате падения пострадавшего с высоты имел самые высокие смертельные показатели по сравнению со всеми другими типами несчастных случаев (12 смертельных случаев на каждые 100 000 рабочих). Результаты также показали, что падение пострадавшего с высоты составляло 49,29% от всех несчастных случаев на производстве в Гонконге в течение всего периода анализа (2011–2017 гг.).

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного анализа несчастных случаев и различного уровня травматизма при падении с высоты в РФ и мире ясно показывают необходимость и актуальность проведения научных исследований в области обеспечения безопасности при выполнении работ на высоте. Строительная сфера является наиболее подверженной проблемам обеспечения безопасности в сфере работ на высоте по всем основным экономикам мира. Анализ выше указанной проблемы ставит необходимость системно проводить различные превентивные изыскания для увеличения безопасности при выполнении работ на высоте без потери производительности труда и высокого увеличения стоимости всей производственной цепочки. В связи с этим, для повышения уровня безопасности при выполнении работ на высоте, стоит уделить внимание следующим направлениям:

- совершенствование системы сертификации средств защиты от падения с высоты, введение в процесс сертификации критериев качества и безопасности;
- разработка новых методик испытаний средств защиты от падения с высоты, отвечающим требованиям реальных условий эксплуатации;
- разработка образовательных программ и их внедрение, аттестация перед допуском работника к работам на высоте, уход от «серых схем»;
- спасение и эвакуация людей в несчастных случаях при проведении работ на высоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ellis N. Introduction to Fall Protection – American Society of Safety Engineers, 2012 – 616 p.
2. Chi CF., Chang TC., Ting H. Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry // Applied ergonomics. – 2005. - V. 36, Iss. 4. – pp. 391-400.
3. Пат. RU 184480 U1. Российская Федерация, МПК E06C 7/46. Насадка на лестницу / Сенченко В.А., Леликов Г.Д., Глумов Е.А. - 2018131525; заявл. 03.09.2018; опубл. 29.10.2018; Бюл. 31. - 5 с.

4. Pham N.T., Vasilenko V.V. Stability of ladders when working at heights and safety while performing this type of work // IOP Conf. Series: Journal of Physics. - 2019. - V. 1425. – 012190.
5. Фам Н.Т., Василенко В.В., Корольченко Д.А. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. - 2017. -26(12), - С. 35-44.
6. Duncan C.W., Bennett R. Fall protection and debris containment during construction // Preparing for construction in the 21st century, ASCE. – 1991. – pp. 97-102.
7. Kines P. Construction workers' falls through roofs: Fatal versus serious injuries // Journal of safety research. - 2002. – V. 33, Iss. 2. – pp. 195-208.
8. Ступаков А.А., Леликов Г.Д., Семёнов П.А., Василенко В.В. Обследование и восстановление высотных объектов методом промышленного альпинизма // Механизация строительства. - 2015. - № 2 (848). - С. 48-52.
9. Pham N.T., Lelikov G., Korolchenko D. Improvement of the safety systems for working at heights on transmission towers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2018. - V. 365, Iss. 4. – 042054.
10. Сенченко В.А., Каверзнева Т.Т., Румянцева Н.В., Скрипник И.Л., Леликов Г.Д. Внедрение стационарных анкерных устройств для безопасной эксплуатации на высоте опор воздушных линий связи и линий электропередач // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. - 2018. - 27(1). - 58-67.
11. Lelikov G., Prostakishin D. Anchoring devices for mounting reticulate catchers on rocky sections of roads // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. - 2020. - V. 869. – 052029.
12. Vasilenko V., Korolchenko D., Pham N.T. Definition of the inspection criteria for personal protective equipment (for work at heights) on example of full body harnesses // MATEC Web of Conferences. - 2018. - V. 251. – 02042.
13. Леликов Г.Д., Василенко В.В. Анализ применения страховочных стропов из синтетических канатов как СИЗ от падения с высоты // В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности. Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. - 2017. - С. 475-477.
14. Василенко В.В. Актуализация методики динамических испытаний амортизаторов как средств индивидуальной защиты от падения с высоты // В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. - 2017. - С. 439-441.
15. Korolchenko D., Vasilenko V., Lelikov G. Problems of the dynamic test method for individual protection equipment (shock absorbers) // MATEC Web of Conferences. - 2018. - V. 193. – 05034.
16. Василенко В.В., Леликов Г.Д., Овчинникова Т.А., Корольченко Д.А. Определение критериев оценки воздействия неорганических кислот на синтетические веревки для повышения безопасности работ на высоте // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. - 2019. - 28(6). - С. 35-51.
17. Василенко В.В., Леликов Г.Д., Жердев К.В. Влияние растворов кислот на остаточную прочность страховочно-спасательных веревок // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 2. — С. 38-44.
18. Pham N.T., Vasilenko V., Korolchenko D. Test and certification procedures of pulleys as a part of personal fall arrest system // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2018. - V. 365, Iss. 4. – 042057.
19. Ступаков А.А., Организация, оборудование и безопасность высотных работ в строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений // Механизация строительства. - 2013. - № 12 (834). - С. 45-48.
20. Ступаков А.А., Безопасность и определение рисков работы на высоте от использования страховочного оборудования // Механизация строительства. - 2014. - № 11 (845). - С. 40-44.
21. Ступаков А.А., Леликов Г.Д. Расчет рисков от использования средств индивидуальной защиты от падения с высоты // Механизация строительства. - 2014. - № 12 (846). - С. 50-54.
22. Janicak C. Fall-Related Deaths in the Construction Industry // Journal of Safety Research. – 1998. – V. 29, Iss. 1. – pp. 35-42.
23. Hsiao H., Simeonov P. Preventing falls from roofs: a critical review // Ergonomics. – 2001. – V. 44, Iss. 5. – pp. 537-561.
24. Zimolong B. Hazard perception and risk estimation in accident causation // Trends in Ergonomics/Human Factors II – 1985. – pp. 463-470.
25. Huang X., Hinze J. Analysis of construction worker fall accidents // Journal of construction engineering and management. – 2003. – V. 129, Iss. 3. – pp. 262-271.
26. Janicak C. Fall-Related Deaths in the Construction Industry // Journal of Safety Research. – 1998. – V. 29, Iss. 1. – pp. 35-42.
27. Cattledge G., Schneiderman A., Stanevich R., Hendricks S., Greenwood J. (1996b). Nonfatal occupational fall injuries in the West Virginia construction industry // Accident Analysis & Prevention. – 1996. – V. 28, Iss. 5. – pp. 655-663.
28. Hecker S., Gambatese J. Safety in design: a proactive approach to construction worker safety and health // Applied Occupational Health & Environment. – 2003. – V. 18, Iss. 5 – pp. 339-342.
29. Сенченко В.А., Пушенко С.Л., Стасева Е.В. Концепция технических мер безопасности при выполнении высотных работ на крышах зданий в условиях арктического севера // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. Вып. 51(70). – с. 178-185.

30. Chen H., Schultz A., Ashton-Miller J., Giordani B., Alexander N., Guire, K. (1996). Stepping over obstacles: dividing attention impairs performance of old more than young adults // *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. – 1996. – V. 51, Iss. 3. – pp. M116-22.
31. Suruda A. Fatal work-related falls from roofs // *Journal of Safety Research*. – 1995. V. 26, Iss. 1. – pp. 1-8.
32. Winge S., Albrechtsen E. Accident types and barrier failures in the construction industry // *Safety Science*. – 2018. – Vol. 105. – pp. 158–166.
33. World Health Organization - WHO, 2018. Falls: Fact sheet. [WWW Document]. WHO Media Cent. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/en/>.
34. OSHA Training Institute, 2011a. Construction Focus Four: Fall Hazards. *Occup. Saf. Heal. Adm* [WWW Document]. https://www.osha.gov/dte/outreach/construction/focus_four/falls/falls_ig.pdf.
35. Muhammad Sh., Muhammad R. An Overview of Construction Occupational Accidents in Hong Kong: A Recent Trend and Future Perspectives // *Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9, № 10. – 2069.

Секция 8. Инженерные системы жизнеобеспечения населённых мест и объектов промышленного и гражданского строительства. Вопросы технической эксплуатации зданий

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И.С. Аксёнов¹, А.П. Константинов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹ivanak1995@mail.ru

²apkonst@yandex.ru

Аннотация

Воздухопроницаемость является одной из ключевых эксплуатационных характеристик оконных конструкций, т.к. она оказывает влияние как на комфортность микроклимата помещений в непосредственной близости от окна, так и теплопотери здания в зимний период эксплуатации. В тоже время, существующий подход к назначению воздухопроницаемости оконных конструкций, применяемых на территории РФ, учитывает только фактор, связанный с теплопотерями. В рамках данной работы выполнено обоснование подхода к назначению воздухопроницаемости окон, применяемых в современной отечественной практике строительства, исходя из обеспечения комфортности микроклимата помещений здания. Для этого были проанализированы требования отечественных и зарубежных нормативно-технических документов к обеспечению комфортного микроклимата помещений. Опыт эксплуатации оконных блоков, применяемых на территории РФ, показал, что в зимний период зачастую происходят температурные деформации их профильных элементов, что является причиной увеличения воздухопроницаемости оконных блоков. Авторы работы предлагают новый подход к назначению воздухопроницаемости оконных конструкций исходя из обеспечения комфортности микроклимата помещений, а также с учетом влияния на воздухопроницаемость деформаций оконных конструкций под действием ветровых и температурных нагрузок. Применение подобного подхода к назначению воздухопроницаемости оконных конструкций еще на начальных стадиях архитектурно-строительного проектирования объектов позволит значительно повысить надежность обеспечения заданных проектом параметров микроклимата помещений.

ВВЕДЕНИЕ

Технические решения оконных конструкций определяются в первую очередь предъявляемыми к ним функциональными требованиями. Главными функциональными требованиями к окну являются [1-5]:

1. обеспечение комфорта внутренней среды здания (с эмоциональной, зрительной и тепловой точек зрения);

2. обеспечение должного уровня тепловой защиты здания;

Это означает, что требования комфорта и требования тепловой защиты должны в равной степени служить предпосылками для проектирования оконных конструкций. Тем не менее в существующей на данный момент нормативно-технической документации этот принцип не выполняется в полном объеме.

Воздухопроницаемость – характеристика оконной конструкции, которая в зимний период времени приобретает особенное значение, поскольку влияет как на тепловые потери здания, так и на микроклимат помещений. Нормативное значение воздухопроницаемости оконных конструкций в настоящее время определяется согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» исходя лишь из условия минимизации тепловых потерь, т.е. без учета требуемых параметров микроклимата. Это произвольным, неконтролируемым образом влияет на комфортность внутренней среды здания и, при неблагоприятном стечении обстоятельств, становится причиной появления сквозняков. Ситуация усложняется тем, что воздухопроницаемость окон (в особенности створчатых из ПВХ профилей) не является постоянной величиной и увеличивается при понижении температуры наружной среды, этот эффект связан с температурными деформациями элементов окна [6-10].

Для того, чтобы обеспечить постоянный уровень микроклимата помещений необходимо:

1. изучить, как именно воздухопроницаемость окон влияет на микроклимат помещений;
2. определить величину воздухопроницаемости окон, обеспечивающую требуемые параметры микроклимата;
3. установить нормативную величину воздухопроницаемости окон как минимальную из двух значений: воздухопроницаемости, определенной по требованиям тепловой защиты, и воздухопроницаемости, определенной по требованиям микроклимата;

МЕТОДЫ

Для последовательного решения поставленных выше задач, опишем их математически, при этом оговорим следующие обозначения и понятия, заодно придав им определенный математический смысл:

- параметры микроклимата помещения (M_{in}) – совокупность показателей (температура воздуха T_{in} , относительная влажность воздуха φ_{in} , скорость движения воздушной среды v_{in} и т.д.), описывающих состояние среды помещения. Величина M_{in} может быть представлена как вектор фазового пространства:

$$\vec{M}_{in} \square (M_{in0} = T_{in}, M_{in1} = v_{in}, M_{in2} = \varphi_{in}, M_{in3}, \dots, M_{inN}) \quad (1)$$

- параметры наружной среды (M_{ex}) – вектор, описывающий состояние наружной среды (его компонентами являются: скорость ветра, температура наружного воздуха, относительная влажность наружного воздуха, интенсивность и тип осадков и т.п.):

$$\vec{M}_{ex} \square (M_{ex0} = T_{ex}, M_{ex1} = v_{ex}, M_{ex2} = \varphi_{ex}, M_{ex3}, \dots, M_{exM}) \quad (2)$$

- уровень комфорта микроклимата (LMC) – условная величина, зависящая от параметров микроклимата и отражающая степень благоприятности микроклимата для человека. Может быть представлена как функция векторной величины:

$$LMC = LMC(\vec{M}_{in}) \quad (3)$$

- параметры здания (BP) – совокупность характеристик строительных конструкций, оказывающих влияние на микроклимат внутренней среды здания (воздухопроницаемость, сопротивление теплопередаче, сопротивление паропрооницанию и т.д.). Так же может быть представлена в виде вектора.

- работа внутренних климатических систем (CCS) – совокупность величин, описывающих действие внутренних систем климат-контроля (принудительной вентиляции, кондиционирования, отопления и т.д.). Так же может быть представлена в виде вектора.

Параметры микроклимата помещения M_{in} представляют собой в общем случае динамические величины, между которыми существуют определенные взаимосвязи, выражаемые уравнениями теплопроводности, движения воздушной среды, радиационного теплообмена и т.п. Функция $M_{in}(t)$ полностью определяется тремя факторами, которые могут быть расценены как граничные условия, дополняющие указанные уравнения: внешними условиями (M_{ex}), параметрами самого здания (BP) и работой внутренних систем контроля

климата (CCS). Не учитывая состояние функции в начальный момент времени $M_{in}(t=0)$ (поскольку параметры микроклимата помещения рассматриваются в момент времени, значительно удаленный от начального момента $t=0$) можно записать:

$$\overline{M}_{in}(t) = F(\overline{M}_{ex}(t), \overline{BP}, \overline{CCS}(t)) \quad (4)$$

Поскольку интерес представляет влияние воздухопроницаемости окон на микроклимат помещения, именно эта величина будет принята за переменную. Воздухопроницаемость оконных конструкций (Q) является одним из компонентов вектора BP , иные параметры здания, а также параметры работы климатических систем варьироваться не будут, параметры наружной среды зависят от времени и могут быть определены, к примеру, по записям метеорологических станций [11]. Таким образом получаем:

$$\overline{M}_{in}(t) = F(\overline{M}_{ex}(t), Q(\Delta T, \Delta P)) \quad (5)$$

В данной формуле отражен факт того, что величина Q является функцией перепада давления и температуры по разные стороны окна. При изменении параметров микроклимата помещения, будет так же меняться и уровень комфорта:

$$LMC(t) = LMC(\overline{M}_{in}(t)) \quad (6)$$

Будет принято следующее условие, обеспечивающее комфортный микроклимат в помещении здания: в каждый момент времени t фактический уровень комфорта $LMC(t)$ не должен опускаться ниже некоторого порогового значения LMC_{mp} :

$$LMC(\overline{M}_{in}(t)) = LMC[F(\overline{M}_{ex}(t), Q(\Delta T, \Delta P))] \geq LMC_{mp} \quad (7)$$

Данное математическое неравенство сообщает нам о том, в какой области значений должна лежать функция $Q(\Delta T, \Delta P)$. Далее необходимо из указанной области выбрать такую функцию $Q(\Delta T, \Delta P)$, которую проще всего будет реализовать при конструировании окна. Это будет требуемая воздухопроницаемость «по микроклимату». Далее необходимо сравнить ее с требуемой воздухопроницаемостью «по тепловой защите» и принять решение, которую из этих величин выбрать в качестве нормативного значения. Условно это можно выразить следующей формулой:

$$Q_{mp} = \min(Q_{mp}^{климат}, Q_{mp}^{тепло}) \quad (8)$$

Таким представляется общий ход решения поставленной проблемы. Для реализации этого решения необходимо:

1. установить зависимость между уровнем комфортности среды помещения и параметрами его микроклимата (т.е. функцию $LMC(M_{in})$);
2. определить требуемый уровень комфортности среды помещения (LMC_{mp});
3. определить, как воздухопроницаемость влияет на параметры микроклимата (т.е. определить вид функции $F(M_{ex}, Q)$);
4. определить вид функции $Q(\Delta T, \Delta P)$ и понять, какие параметры окна на нее влияют, чтобы в процессе проектирования можно было создавать оконные конструкции с заранее установленной зависимостью Q от ΔT и ΔP ;

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА С ОЩУЩЕНИЕМ КОМФОРТА

В отечественной нормативно-технической документации существует ряд стандартов, определяющих требуемые параметры микроклимата помещений различного назначения. По реализованному в них подходу их можно разделить на две категории. К первой относятся такие документы как ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» и СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». В них в общей сложности нормируются следующие параметры микроклимата помещений: температура воздуха, результирующая температура, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и локальная асимметрия результирующей температуры, а уровень комфорта (LMC) имеет три значения: «оптимально», «допустимо» и «недопустимо». При этом для каждого из

параметров микроклимата устанавливается свой оптимальный и допустимый диапазон. Таким образом, согласно этим нормативным документам, функция LMC может быть выражена следующим образом:

$$LMC = \begin{cases} \text{оптимально, если } T_{in} \in [T_{min}^{onm}, T_{max}^{onm}] \wedge \varphi_{in} \in [\varphi_{min}^{onm}, \varphi_{max}^{onm}] \wedge v_{in} \in [v_{min}^{onm}, v_{max}^{onm}] \wedge \dots \\ \text{допустимо, если } T_{in} \in [T_{min}^{don}, T_{max}^{don}] \wedge \varphi_{in} \in [\varphi_{min}^{don}, \varphi_{max}^{don}] \wedge v_{in} \in [v_{min}^{don}, v_{max}^{don}] \wedge \dots \\ \text{недопустимо, в иных случаях} \end{cases} \quad (9)$$

При этом в качестве требуемого уровня комфорта $LMC_{тр}$ может быть выбрано как значение «оптимально», так и значение «допустимо» в зависимости от проектной задачи.

Данный подход основан на одном значительно упрощении: в нем принято, что комфортные для человека диапазоны микроклиматических параметров не зависят друг от друга, однако в действительности это неверно. Так, из рисунка 1 видно, что комфортный диапазон температуры воздуха не является константой и зависит от радиационной температуры помещения как, в общей сложности, и от влажности воздуха, и от скорости движения воздушной среды [12].

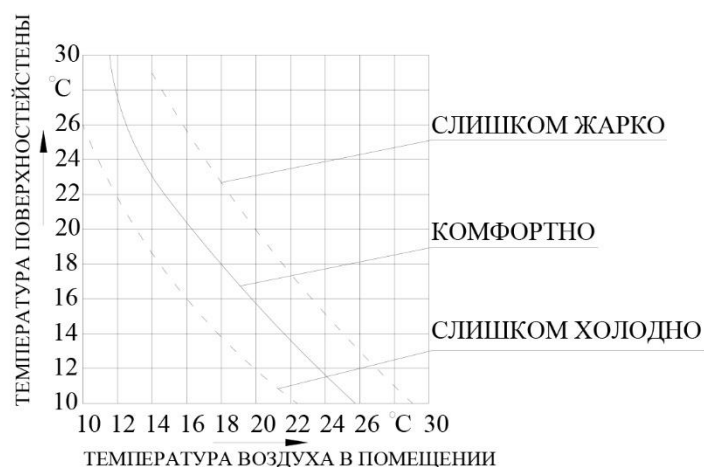


Рис. 1. Зона комфорта по температуре воздуха и средней температуре поверхностей ограждающих конструкций внутри помещения [13]

Более совершенным в области нормирования параметров микроклимата является международный стандарт ISO 7730:2005 «Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria», а также основанный на нем российский стандарт ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта». В них реализован принципиально иной подход к оценке комфорта внутренней среды здания. В данных стандартах функция LMC реализована в непосредственном виде. Оценка термальной среды производится при помощи расчета прогнозируемого процента недовольных (PPD) по формуле:

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2) \quad (10)$$

где PMV – прогнозируемая средняя оценка термальной среды, являющаяся функцией параметров микроклимата помещения (температуры воздуха, средней температуры излучения, скорости движения воздуха, парциального давления водяного пара) и состояния человека (уровня физической активности, теплоизоляционных качества одежды). Помимо общего показателя дискомфорта (PPD) в стандарте приведены четыре показателя локального дискомфорта. Поскольку чрезмерная воздухопроницаемость окон, очевидно, приводит к появлению сквозняков, то наибольший интерес представляет как раз локальный температурный дискомфорт из-за сквозняка (DR – процент недовольных сквозняком), определяемый по формуле:

$$DR = (34 - t_{a,1})(\overline{v_{a,1}} - 0.05)^{0.62} (0.37\overline{v_{a,1}} \cdot T_u + 3.14) \quad (11)$$

где $t_{a,1}$ – локальная температура воздуха, $\overline{v_{a,1}}$ – локальная средняя скорость движения воздуха, T_u – локальная интенсивность турбулентности.

В стандартах определены три категории термальных сред (А, В и С), для которых установлены свои пороговые значения PPD , DR и т.д. Так, $DR_{max}^A = 10\%$, $DR_{max}^B = 20\%$, $DR_{max}^C = 30\%$. Если удастся найти зависимость между воздухопроницаемостью окна и параметрами $t_{a,1}$, $\overline{v_{a,1}}$, T_u , то можно будет использовать пороговую величину DR в качестве критерия определения максимально возможной воздухопроницаемости окна «по микроклимату».

Недостатком данных стандартов в аспекте рассматриваемой проблемы является то, что приведенная в них формула для величины DR применима только при $t_{a,1} \in [20, 26]^\circ\text{C}$. Вполне вероятно, что воздушная струя, просачивающаяся зимой через неплотности оконного притвора с улицы в помещение, будет иметь температуру значительно ниже 20°C . Это обстоятельство говорит о необходимости модифицировать формулу для показателя DR , расширив ее область определения.

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА

К настоящему времени было предпринято мало попыток найти функцию $F(M_{ex}, Q)$, т.е. выяснить, как воздухопроницаемость окон влияет на параметры микроклимата помещений. Так, в работе [13] была получена формула, позволяющая оценить скорость воздушной струи, истекающей из щели в притворе на расстоянии x от окна по направлению воздушной струи:

$$v_x = 1.056 \cdot \sqrt{\frac{T_{окр}}{T_0}} \cdot \frac{I}{\sqrt{2xa}} \quad (12)$$

где T_0 – абсолютная температура струи при ее истечении, К; $T_{окр}$ – абсолютная температура воздуха в комнате, К; a – ширина щели, из которой истекает струя, мм; x – расстояние от окна до исследуемой точки, мм; I – воздухопроницаемость окна при конкретном сочетании ΔT и ΔP , м³/(п.м·ч).

Данная формула основана на большом количестве упрощений и нуждается в уточнениях. К примеру, в ней предполагается, что по всему периметру притвора ширина щели между створкой и рамой одинакова и равна a , а инфильтрация однородна. Тем не менее формула (12) демонстрирует, что параметры микроклимата помещения могут быть связаны с воздухопроницаемостью окон.

ВЫВОДЫ

Существующий подход к нормированию воздухопроницаемости оконных конструкций учитывает требования тепловой защиты здания, не принимая во внимание требования по обеспечению комфортного микроклимата в помещениях. Необходимо разработать метод определения нормативной воздухопроницаемости оконных конструкций, учитывающий требуемые параметры микроклимата. Для этого предлагается использовать следующее основное условие, по которому должна определять воздухопроницаемость окон исходя из требований микроклимата:

$$LMC(\overline{M_{in}}(t)) = LMC[F(\overline{M_{ex}}(t), Q(\Delta T, \Delta P))] \geq LMC_{np}$$

Входящие в это неравенство функции частично могут быть определены по существующим стандартам и научным исследованиям. Так, в качестве функции LMC , может быть использована функция «процента недовольных сквозняком» DR из ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Уравнение истечения воздушной струи (по сути - $\overline{v_{a,1}}(Q)$), выведенное в [13], является одной из компонент функции F (две другие недостающие компоненты – функции $t_{a,1}(Q)$ и $T_u(Q)$). Таким образом, для реализации предлагаемого подхода к нормированию воздухопроницаемости оконных конструкций «по микроклимату» необходимо:

1. расширить область определения функции DR на больший диапазон температур;
2. уточнить уравнение скорости истечения воздушной струи из щели в притворе окна;
3. найти уравнения, аналогичные уравнению (12), которые связывали бы температуру и интенсивность турбулентности истекающей через притвор воздушной струи с воздухопроницаемостью окна;

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов А.П., Ибрагимов А.М. Комплексный подход к расчету и проектированию светопрозрачных конструкций // Жилищное строительство. 2019. № 1-2. С. 14-17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-14-17>.
2. Борискина И.В., Шведов Н.В., Плотников А.А. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том II Оконные системы из ПВХ. Санкт-Петербург: НИУПЦ «Межрегиональный институт окна». 2005. 320 с.
3. Борискина И.В., Плотников А.А., Захаров А.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. Учебное пособие. Санкт-Петербург: Выбор. 2008. 360 с.
4. Савин В.К., Савина Н.В. Архитектура и энергоэффективность окна // Строительство и реконструкция. 2015. №4(60). С.124-130.
5. Веснин В.И. Инфильтрация воздуха и тепловые потери помещений через оконные проёмы // Градостроительство и архитектура. – 2016. №3(24). С. 10-16.
6. Henry R. and Patenaude A. Measurements of Window Air Leakage at Cold Temperatures and Impact on Annual Energy Performance of a House. ASHRAE Transactions, Vol. 104 (1b), 1998, pp. 1254-1260.
7. Шеховцов А.В. Воздухопроницаемость оконного блока из ПВХ профилей при действии отрицательных температур // Вестник МГСУ. – 2011. - № 3-1. С. 263-269.
8. Верховский А.А., Зимин А.Н., Потапов С.С. Применимость современных светопрозрачных ограждающих конструкций для климатических регионов России // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 16-19.
9. Константинов А.П., Верховский А.А. Влияние отрицательных температур на теплотехнические характеристики оконных блоков из ПВХ профилей // Строительство и реконструкция. 2019. № 3 (83). С. 72-82. DOI: <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-83-3-72-82>.
10. Konstantinov A., Verkhovsky A. Assessment of the Negative Temperatures Influence on the PVC Windows Air Permeability // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753 (2020) 022092. DOI:10.1088/1757-899X/753/2/022092.
11. Бульгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. // Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных>.
12. Соловьев, А. К. Физика среды: учебник для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2011. - 341 с.
13. Семенова Е.И. Воздухопроницаемость окон жилых и общественных зданий. М.: 1969.

ВОПРОСЫ ПОКВАРТИРНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ

А.В. Бусахин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, BusahinAV@mgsu.ru

Аннотация

Развитие жилищного строительства, капитальный ремонт и реконструкция жилищного фонда, малоэтажная застройка (индивидуальное жилищное строительство, таунхаусы) требуют решения вопросов теплоснабжения.

Не все города имеют возможность подключения объектов строительства к центральным тепловым сетям, так как отсутствуют источники тепла и протяженность сетей велика. В сельской местности использование централизованного теплоснабжения становится невозможной.

Децентрализованное теплоснабжение имеет несколько вариантов решения указанной задачи. Необходимо учитывать плюсы и минусы различных решений.

Поквартирное теплоснабжение имеет определенные преимущества, но и требует введение ограничений на область применения для обеспечения:

- безопасной эксплуатации газоиспользующего оборудования
- предотвращения пожаро и взрывоопасных случаев
- обеспечение качества жизни населения
- устойчивая работа газоиспользующего оборудования по давлению газа

Область применения поквартирного теплоснабжения должна быть ограничена: индивидуальным жилищным строительством, таунхаусами и многоквартирными жилыми домами до 3^х этажей.

ВВЕДЕНИЕ

Современные условия развития общества ставят перед нами задачи повышения качества жизни, создания условий для комфортного проживания. Одно из направлений – это газификация малых сельских поселений, поселков городского типа, отдаленных деревень. То есть, населенных пунктов, где отсутствует централизованное теплоснабжение. Вторым вопросом, связанный с данным исследованием – это реконструкция малоэтажного жилого фонда с центральной системой отопления с источником теплоснабжения от «брошенной котельной». В основном это разорившиеся колхозы, совхозы, которым принадлежали указанные котельные и оставшиеся без юридической принадлежности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Коммерческие предложения отдельных производителей продукции для возможного использования в многоквартирных домах (МКД) вводят в заблуждение не только население, но и лиц, принимающих решения по формированию нормативных правовых актов в области градостроительства.

К подобным предложениям можно отнести следующие:

- использование аппаратуры контроля загазованности помещений в МКД, где установлено бытовое газоиспользующее оборудование, при том, что уже установлены обязательные требования по обеспечению естественной вентиляции с заданным воздухообменом в помещениях МКД, где установлено бытовое газоиспользующее оборудование;
- использование легко сбрасываемых окон, которые обеспечат безопасность конструкции жилого дома при взрыве газа;
- применение клапанов с электроприводом, которые отсекают подачу газа в горелку прибора при утечке газа или при повышении давления газа в сети.

Некоторые из этих предложений нашли отражение в нормативных технических актах.

Более 10 лет без должного анализа опыта эксплуатации предлагается использовать бытовые котлы на газовом топливе в МКД без учета высоты МКД. В тоже самое время строительные нормы предусматривают строительство многоэтажных газифицированных домов с ограничением высоты до 28 метров, в которых можно использовать газ для приготовления пищи, т.е. устанавливать бытовые газовые плиты.

В 90-годы 20-го столетия прошли согласование пилотные проекты строительства МКД высотой более 30 м с применением поквартирного индивидуального отопления и горячего водоснабжения. Принятые в эксплуатацию такие МКД показали преимущества в минимизации платежей за некоторые коммунальные услуги. Из платежей была исключена оплата тепла и горячего водоснабжения, Собственник помещения в МКД мог регулировать индивидуальный тепловой режим, а при выходе из строя бытового котла, длительное время сохранять в своей квартире тепловой баланс за счет соседних квартир. В тоже время строительство МКД высотой более 5 этажей с применением поквартирного индивидуального отопления и горячего водоснабжения приняло массовый характер, при этом анализ эксплуатации бытовых котлов должным образом не производился.

Во-первых, используются бытовые котлы в основном зарубежных производителей, надежных и проверенных, таких как Виссман, Будерус, Войланд, Китурами и др. Сроки службы таких бытовых отопительных котлов 10 лет. Их Изготовители постоянно их совершенствуют, что в дальнейшем создает проблему поставки комплектующих (запасных частей) для ремонта. Собственники помещений в МКД как правило бытовые котлы через 10 лет не меняют, имеются объективные данные, что эксплуатация бытовых котлов продолжается после установленного срока службы с неисправной автоматикой и разукомплектованными приборами.

Применение бытовых отопительных котлов с открытой камерой сгорания требует устройства дымоходов МКД, и обеспечения воздухообмена, необходимого для устойчивого горения, а также жизнеобеспечения проживающих в данных помещениях граждан.

Использование бытовых отопительных котлов с закрытой камерой сгорания требует вывода за стену жилого дома газоотвода, который обеспечивает отвод продуктов сгорания и одновременно забор воздуха вне жилого дома для обеспечения работы горелки котла, что нарушает дизайн здания, увеличивает выброс в атмосферу продуктов сгорания.

Таким образом, требуемое техническое обслуживание, послегарантийный ремонт по истечении 1-2 лет, требуют определенных затрат, которые с каждым годом возрастают, при условии надлежащего использования и содержания данного оборудования. При этом обратно пропорционально снижается безопасность, возникают дополнительные риски, влияющие не только на безопасность граждан, проживающих в помещения МКД, где установлены бытовые отопительные котлы, но и на безопасность всего МКД в целом.

Работоспособность котла в значительной мере зависит от качества используемой воды, при этом требуемая Изготовителем ежегодная промывка теплообменника от отложений не осуществляется, что в конечном итоге сказывается на условиях работы котла. Неустойчивость напряжения в электрической сети МКД влияет на работу электроники котла, ставит потребителя перед необходимостью приобретения и включения в электрическую цепь стабилизатора напряжения, что является дополнительной затратой на содержание отопительного прибора.

Особо следует обратить внимание, что при индивидуальном (поквартирном) отоплении большая часть не жилых помещений МКД находится вне отопительной зоны (подвалы, чердаки, подъезды и др.). При длительной эксплуатации МКД его конструкция может ускоренно разрушаться и терять расчетную устойчивость из-за температурных колебаний.

Демократизация технических решений, таких как скрытая прокладка сети отопления и обогрева полов, использование газопроводов из меди, металлопластика и сравнительно малые размеры кухни, ограничивают возможности осмотра и проверки, создают

дополнительные риски и снижают безопасность.

При эксплуатации бытовые котлы повышают уровень шума в помещении.

Конфликт между коммерческим проектом (изготовители бытовой техники, застройщики) и эксплуатацией (управляющие организации, специализированные организации, газораспределительные организации, МЧС) с каждым годом возрастает.

Эксперты в области обеспечения безопасности при использовании газа в МКД исключают и не принимают заявления некоторых политиков о полном запрещении использования газа в МКД.

Кроме вопросов по эксплуатации и техническому обслуживанию остро стоят вопросы технической безопасной эксплуатации газоиспользующего оборудования.

Во-первых, это проблема отвода продуктов горения. Данная проблема рассмотрена в других исследованиях и публикациях. Основной вывод – это нецелесообразность применения поквартирного теплоснабжения в многоквартирных жилых домах выше 3^x этажей.

Во-вторых – это обеспечение бесперебойной работы газовых теплогенераторов в условиях расчетных нагрузок по обеспечению давления газа перед теплогенератором.

По первому вопросу в СНиПах СССР существовало ограничение применения газовых плит высотой здания до 9 этажей. В основном это требование возникло со стороны пожарных служб в связи с ограничением по высоте автолестниц для эвакуации людей в случае пожара, так как дом с газовыми плитами – источник повышенной опасности. Позднее это ограничение пропало из СП. Видимо, не случайно. Выход СП 402.1325800.2018 «Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления» вернул указанное ограничение, ограничив применение газовых плит в зданиях до 28 метров (т.е. 9 этажей). По словам авторов, им пришлось выдержать сильнейший напор противников данного ограничения и только экспертиза МЧС помогла отстоять требование. Но данное требование распространяется на газовые плиты, а водонагреватели, котлы?

В 2017 году введен СП 282.1325800.2016 «Поквартирные системы теплоснабжения на базе индивидуальных газовых теплогенераторов. Правила проектирования и устройства». Изложены правила проектирования поквартирных систем теплоснабжения на газовых теплогенераторах мощностью 50, 100 и более кВт. Ограничения высотности, количества квартир НЕТ! Мы можем видеть такие решения во многих странах: Азербайджан, Турция, Италия и т.д. Но это страны с более мягким климатом, мощность теплогенераторов меньше и наружная температура позволяет разместить теплогенератор открыто на балконе.

У сторонников такого решения есть свои аргументы:

- Возможность поквартирного учета на отопление и горячую воду.

Несомненно, это плюс, но вызывающий также много вопросов, но это отдельная тема – не предмет данного исследования.

- Уменьшение затрат застройщика. Это плюс, только для кого?

- Обеспечение бесперебойности работы и безопасность в эксплуатации.

А вот эти вопросы касаются всех. Кроме появления (например для четырех подъездного 9 этажного дома – 144 квартиры) – 144 торчащих на фасаде коаксиальных дымохода или пристроенные на фасаде 8 вертикальных дымохода; 144 котла, требующих эксплуатации и обслуживания.

Рассмотрим вопрос обеспечения надежности с точки зрения обеспечения надежности работы теплогенераторов по параметру давления газа перед котлом. Большинство используемых на сегодня теплогенераторов требуют минимальное давление на входе 1200 Па. Далее произведем расчеты.

По первому вопросу в СНиПах СССР существовало ограничение применения газовых плит высотой здания до 9 этажей. В основном это требование возникло со стороны пожарных служб в связи с ограничением по высоте автолестниц для эвакуации людей в случае пожара, так как дом с газовыми плитами – источник повышенной опасности. Позднее

это ограничение пропало из СП. Видимо, не случайно. Выход СП 402.1325800.2018 «Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления» вернул указанное ограничение, ограничив применение газовых плит в зданиях до 28 метров (т.е. примерно 9 этажей). По словам авторов, им пришлось выдержать сильнейший напор противников данного ограничения и только экспертиза МЧС помогла отстоять требование. Но данное требование распространяется на газовые плиты, а водонагреватели, котлы?

В 2017 году введен СП 282.1325800.2016 «Поквартирные системы теплоснабжения на базе индивидуальных газовых теплогенераторов. Правила проектирования и устройства». Изложены правила проектирования поквартирных систем теплоснабжения на газовых теплогенераторах мощностью 50, 100 и более кВт. Ограничения высотности, количества квартир НЕТ! Мы можем видеть такие решения во многих странах: Азербайджан, Турция, Италия и т.д. Но это страны с более мягким климатом, мощность теплогенераторов меньше и наружная температура позволяет разместить теплогенератор открыто на балконе.

У сторонников такого решения есть свои аргументы:

- Возможность поквартирного учета на отопление и горячую воду.

Несомненно, это плюс, но вызывающий также много вопросов, но это отдельная тема – не предмет данного исследования.

- Уменьшение затрат застройщика. Это плюс, только для кого?

- Обеспечение бесперебойности работы и безопасность в эксплуатации.

А вот эти вопросы касаются всех. Кроме появления (например для четырех подъездного 9 этажного дома – 144 квартиры) – 144 торчащих на фасаде коаксиальных дымохода или пристроенные на фасаде 8 вертикальных дымохода; 144 котла, требующих эксплуатации и обслуживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим вопрос обеспечения надежности с точки зрения обеспечения надежности работы теплогенераторов по параметру давления газа перед котлом. Большинство используемых на сегодня теплогенераторов требуют минимальное давление на входе 1200 Па.

Далее произведем результаты расчетов:

График потерь давления при разной этажности здания, опираясь на допустимые потери

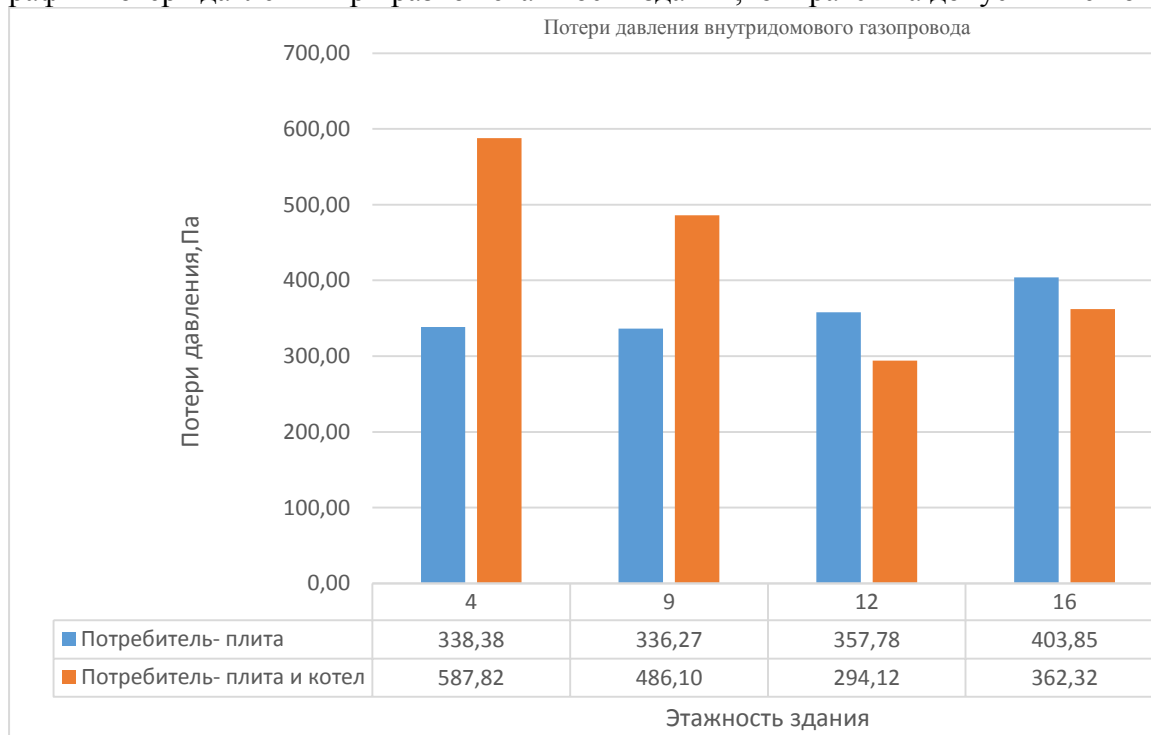


График потерь давления при разной этажности здания, опираясь на допустимые диаметры газопроводов



Из приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Для обеспечения бесперебойной работы теплогенератора требуется прокладка газовых стояков диаметром 200мм.
2. При меньших диаметрах нельзя гарантировать бесперебойную работу теплогенератора.
3. При диаметре 200мм в одном стояке будет находиться 3 и более кубометров газа, что при пожаре создаст большую взрыво- и пожароопасность, то есть вопрос переходит в плоскость безопасности.

ВЫВОДЫ

Появляется еще вариант подвода к каждому зданию газопровода среднего давления и размещения ГРШ на вводе газа в здание. Такое решение противоречит принятым в СССР и применяемым в России безопасным внутриквартальным сетям газораспределения низкого давления от ГРП.

Вопрос использования поквартирного теплоснабжения обсуждался специалистами ПК 14 ТК 465, авторами СП 402, специалистами МЧС, Газпром. Многие сходятся во мнении, что необходимо ограничить применение поквартирного теплоснабжения для многоквартирных жилых домов. Его возможно использовать для ИЖС, таунхаусов и жилых домов до трех этажей. В остальных случаях для обеспечения надежной, безопасной и комфортной для жильцов эксплуатации следует проектировать крышные, пристроенные, внутриквартальные котельные для отопления и горячего водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 402.1325800.2018 «Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления»
2. СП 282.1325800.2016 «Поквартирные системы теплоснабжения на базе индивидуальных газовых теплогенераторов. Правила проектирования и устройства»
3. СП 42-101-2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб»
4. СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование (с изменениями N 1,2,3)»
5. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.

6. Жила В.А. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция". М.АСВ, 2014. 368 с.
7. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Надежность газораспределительных систем. / Издательский дом "Наука образования". НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ. 2017. № 20. С. 38-44.
8. Жила В.А., Соловьева Е.Б., Гулюкин Д.М. Безопасность систем газоснабжения и газораспределения. / Издательский дом "Наука образования". НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ. 2016. № 22. С. 27-32.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ ПЛАСТМАСС В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

В.Г. Гагарин^{1,2}, П.П. Пастушков², М.Д. Столяров¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, gagarinvg@yandex.ru

²ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук: 127238, Москва, Локомотивный пр., 21.

ВВЕДЕНИЕ

Расчетные значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций должны использоваться при определении нагрузки на систему отопления здания. Поэтому считается, что повышение этой величины ведет к снижению потребления энергии на отопление и к энергосбережению. Стандартный путь увеличения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций заключается в увеличении термического сопротивления слоев конструкций путем увеличения толщины утеплителя и в снижении влияния теплопроводных включений в конструкции. Вопрос о влиянии теплопроводных включений четко детерминирован введением соответствующих методик расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [1] и СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» [2]. Указанные СП значительно превосходят по степени проработанности зарубежные аналоги [3, 4]. Прямое увеличение толщины теплоизоляционных материалов в конструкциях лоббируется их производителями, но пока удалось его немного ограничить путем разумных аргументов. Тем не менее именно производители теплоизоляционных материалов предложили учитывать при проектировании ограждающих конструкций сохранность теплоизоляционных материалов. Поэтому в расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в Изменения №1 СП 50.13330.2012 [1] был введен коэффициент условий эксплуатации, который отражает снижение термического сопротивления слоя теплоизоляционного материала в ограждающей конструкции при ее эксплуатации. Это осуществляется в Приложении Е [1] путем изменения формулы для расчета термического сопротивления слоя теплоизоляции:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} y_s^{y.э.} \quad (1)$$

δ - толщина слоя, м;

λ - расчетная теплопроводность материала слоя, Вт/(м·°C);

$y_s^{y.э.}$ - коэффициент условий эксплуатации материала слоя.

Методика назначения этого коэффициента $y_s^{y.э.}$ включена в СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты» [5]. Коэффициент условий эксплуатации зависит от вида теплоизоляционного материала, конструктивных особенностей ограждающей конструкции, климатических и других условий эксплуатации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У газонаполненных пластмасс имеется та особенность, что при их производстве в порах содержится не воздух, а тот или иной газ. В случае, когда теплопроводность этого газа меньше, чем теплопроводность воздуха, теплопроводность материала после его изготовления является очень маленькой, затем в процессе эксплуатации она возрастает. Эта особенность и учитывается коэффициентом условий эксплуатации. В лаборатории

строительной теплофизики НИИСФ РААСН проведено исследование этого явления для теплоизоляционного материала PIR.

Газонаполненные пластмассы можно считать композиционными материалами. Простейшую формулу для зависимости теплопроводности композиционного материала от теплопроводности составляющих его веществ можно записать в виде [6]:

$$\lambda = (1 - \zeta_2) \cdot \lambda_c + \zeta_2 \lambda_2 \quad (2)$$

Здесь λ_c - теплопроводность материала скелета, Вт/(м °С);

λ_2 - теплопроводность дисперсной (газообразной) фазы, Вт/(м °С);

ζ_2 - объемная доля дисперсной (газообразной) фазы в материале, доли ед.

Дисперсная (газообразная) фаза в порах материала состоит из газа, который заполняет поры материала при его производстве, и воздуха. В рассматриваемой задаче $\zeta_2 \lambda_2$ изменяется от значения $\zeta_2 \lambda_1$ до значения $\zeta_2 \lambda_2$. Причем $\lambda_1 < \lambda_2$. $\zeta_2 = \zeta_1 + \zeta_2$. ζ_1 изменяется от ζ_2 до 0. ζ_2 изменяется от 0 до ζ_2 .

ζ_1 - объемная доля газа в материале, доли ед.;

ζ_2 - объемная доля воздуха в материале, доли ед.;

λ_1 - теплопроводность газа, Вт/(м °С);

λ_2 - теплопроводность воздуха, Вт/(м °С).

Формула (1) предполагает, что слои однородных материалов идут параллельно друг другу и параллельно тепловому потоку. Реальная теплопроводность будет меньше, чем оцениваемая по формуле (1). Однако учитывая наличие не вполне определенной величины ζ_2 , предполагается, что формула обеспечит достаточную точность.

Принимается, что скорость изменения объемной доли газа в материале ζ_1 , пропорциональна этой доле:

$$\frac{d\zeta_1}{dt} = -s \cdot \zeta_1 \quad (3)$$

Знак минус потому, что величина ζ_1 является убывающей функцией.

Уравнения (1) и (2) являются основой математической модели изменения теплопроводности материала со временем. Совместное решение этих уравнений дает непосредственное уравнение этого изменения:

$$\lambda = \lambda_0 + [(\lambda_2 - \lambda_1) \zeta_2] \cdot [1 - e^{-st}] \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает изменение теплопроводности λ со временем t . Оно содержит два параметра, которые определяются по результатам экспериментальных исследований. Эти параметры: $(\lambda_2 - \lambda_1) \zeta_2$ и s . Первый параметр можно рассчитать. Для этого надо узнать: какой газ используется при экструзии, чему равна его λ_1 , какова плотность скелета материала. Второй параметр, s , находится по результатам экспериментальных исследований изменения теплопроводности по методике [7, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уравнение (4) позволяет ответить на вопрос, какова будет установившаяся теплопроводность материала (т.е. когда закончится процесс диффузии газа). Для этого определим λ при $t \rightarrow \infty$

Испытания образцов пенополиизоцианурата (PIR) проводились на измерителе теплопроводности ИТП-МГ4 «250» при средней температуре в образце 25 °С и перепаде температур между пластинами прибора в 25 °С в соответствии с методикой [7]. Испытания были повторены спустя 3, 5, 12 и 24 суток от даты производства (начального испытания). Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний теплопроводности

Номер образца	Теплопроводность в сухом состоянии при средней температуре 25 °С, λ_{25} , Вт/(м·°С)					Примечание
	24.01	27.01	29.01	05.02	17.02	
	0 суток	3 суток	5 суток	12 суток	24 сутки	
1.1	0,020	0,021	0,021	0,021	0,022	угол
1.2	0,020	0,020	0,021	0,021	0,021	край
1.3	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	центр
2.1	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	угол
2.2	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	край
2.3	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	центр
3.1	0,020	0,020	0,020	0,021	0,022	угол
3.2	0,021	0,021	0,021	0,021	0,022	край
3.3	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	центр
Среднее значение	0,0200	0,0202	0,0204	0,0209	0,0214	

По методике, описанной в [6], проведена обработка результатов экспериментальных исследований.

Параметр s , характеризующий скорость замещения газа в порах на воздух, составил $s = 0,02 \text{ с}^{-1}$. Параметр $(\lambda_1 - \lambda_2)\zeta_2 = 0,035 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, где λ_1 – теплопроводность смеси газов, закачиваемой при производстве, λ_2 – теплопроводность воздуха, ζ_2 – объемная доля дисперсной фазы в материале, доли ед.

Подставляя рассчитанные параметры в уравнение (1) выведен закон изменения теплопроводности испытанного материала в зависимости от времени:

$$\lambda = 0,020 + 0,0035 \cdot [1 - e^{-0,02t}] \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}. \quad (5)$$

Для испытанного материала: $\lambda_\infty = 0,020 + 0,035 = 0,0235 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$

ВЫВОДЫ

Создана математическая модель явления, получено уравнение изменения теплопроводности со временем, дана методика определения параметров явления. Проведены экспериментальные исследования теплопроводности PIR. Получены предварительные значения теплопроводности в сухом состоянии PIR после его эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
- СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».
- DIN 4108-2:2003-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2.: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- DIN 4108 Beiblatt 2:2004-01 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты»
- Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Изменение во времени теплопроводности газонаполненных полимерных теплоизоляционных материалов // Строительные материалы. 2017. № 6. С. 28-31.

7. ГОСТ 7076 - 99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
8. Пастушков П.П. О проблемах определения теплопроводности строительных материалов // Строительные материалы. 2019. № 4. С. 57-64.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРАЦИОННОГО БЛОКА КОМПАКТНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ

Ж.М. Говорова, В.А. Семеновых

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, GovorovaZhM@mgsu.ru

Аннотация

Для обезжелезивания подземной воды в зависимости от физико-химического состава используют различные методы, каждый из которых имеет рациональную область применения. Среди безреагентных методов известен метод упрощенной аэрации. В составе технологической схемы обезжелезивания таким методом, как правило, применяются на первой ступени аэрационные устройства различных конструкций, на второй – фильтровальные сооружения. Предложена компактная установка обезжелезивания, в едином корпусе которой объединены аэрационный и фильтрационный блок и соответственно несколько процессов: аэрация, дегазация, фильтрование через слой пенополистирольной загрузки с убывающей крупностью гранул. Приведено описание установки. Она позволяет исключить дополнительные аэрационные устройства (сооружения), насосы подкачки, промывные насосы и емкости для хранения промывной воды, интенсифицировать процесс аэрации-дегазации, повысить эффективность очистки и обеспечить специфические требования. Известно, что на состояние стабильности железа в воде и скорость его окисления влияют концентрации железа, кислорода, окислительно-восстановительный потенциал, рН, температура воды и ее солесодержание. Изменение тех или иных факторов возможно путем регулирования аэрационно-дегазационных процессов, осуществляемых в аэрационном блоке установки. В статье приведены результаты исследования аэрационного блока, а именно различных конструкций устройства ввода водо-воздушной смеси на подземной воде, характеризующейся рН - от 7,24 до 7,26, содержанием растворенного кислорода – 0,45-0,5 мг/л, концентрацией железа общего 1,5-1,8 мг/л, окислительно-восстановительным потенциалом - от -29 до -32 мВ, температурой воды - 9-9,5 °С и запахом сероводорода.

ВВЕДЕНИЕ

На долю подземных вод, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения приходится не менее 30% от общего количества водозабора. Подземные воды характеризуются разнообразным физико-химическим составом. Наиболее часто среди загрязнений подземных вод встречается железо. В практике водоподготовки находят применение безреагентные методы обезжелезивания, предусматривающие применение на первой ступени аэрационных, а на второй - фильтровальных сооружений [1-4]. Перспективным направлением является биологическое обезжелезивание воды [4-6]. В ряде случаев для удаленных и небольших по производительности объектов, когда имеются ограничения по габаритам площадки для размещения водоочистного оборудования обосновано применение компактной водоочистной установки, в корпусе которой объединены несколько блоков и узлов [7].

На состояние стабильности железа в воде, скорость его окисления и в целом на эффективность процесса обезжелезивания воды влияют такие факторы как концентрации железа и кислорода, рН, окислительно-восстановительный потенциал (Еh), температура воды и ее солесодержание [1, 2]. Изменение таких факторов возможно путем регулирования аэрационно-дегазационных процессов, протекаемых в аэрационном блоке компактной установки, разработанной авторами [8]. В связи с чем исследование его работы является актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводились на реальной подземной воде в несколько этапов. В частности, изучалась работа аэрационного блока как отдельного, так и в составе экспериментальной установки аэрационного блока.

Установка, смонтированная на площадке действующей станции обезжелезивания воды, представляет собой вертикальный цилиндрический корпус диаметром 0,2 м, высотой 2,1 м, разделенный горизонтальной решеткой на зону аэрации высотой 0,5 м, расположенную в верхней части и зону фильтрования - в нижней. Зона аэрации установки снабжена регулируемым узлом отвода растворенных газов и оборудована патрубками для подачи водо-воздушной смеси от эжектора и воды на промывку фильтрующей загрузки.

Корпус установки включает аэрационный блок, состоящий из восторенной цилиндрической камеры диаметром 0,05 м и зоны аэрации. Нижняя часть камеры заварена. Камера смонтирована в центре корпуса установки таким образом, что ее верхняя часть (0,3 м) располагается в зоне аэрации, а нижняя (0,5 м) - в зоне фильтрования непосредственно в толще фильтрующей загрузки. Камера проходит насквозь через горизонтальную решетку. Корпус установки снабжен пробоотборниками и пьезометрами соответственно для контроля качества воды в аэрационном блоке и по слоям фильтрующей загрузки и определения в ней потерь напора. Пробоотборники располагаются по высоте корпуса с шагом 0,3 м.

Принцип работы установки заключается в следующем. Исходная вода насосом подкачки подается по трубопроводу в установку. На трубопроводе установлен водо-воздушный эжектор, предназначенный для подачи и смешения подземной воды с атмосферным воздухом, а также обеспечения заданного расхода поступающей на очистку воды. Образующаяся в эжекторе водо-воздушная смесь поступает в аэрационный блок, непосредственно в камеру с помощью устройства ввода в виде трубки. При необходимости высота заглубления трубки может регулироваться. В камере и зоне аэрации установки происходит не только интенсивная аэрация воды воздухом, но и одновременно дегазация растворенных в воде газов (свободной углекислоты и сероводорода), которые выводятся из зоны аэрации через узел газоотвода снабженный воздушным клапаном. Предварительно аэрированная вода из зоны аэрации нисходящим потоком поступает в зону фильтрования.

Контроль режимов работы установки осуществлялся с помощью счетчика воды марки ВСКМ 90-20 и газового счетчика газа ДТСГ-1,6 с диапазоном измерения воздуха от 0,04 до 1,6 м³/ч. Для оперативного анализа качества воды использовались стандартные методики и приборы: анализатор рН / ОБП/ TDS / солености /температуры, серии АМТ03; портативный кислородомер ProfiLine Oxi 3205 от WTW с кейсом, в комплекте с датчиком кислорода CellOx 325; колориметрический набор и компараторы для определения железа НАСН 1467-01 и тест-набор для определения двуокиси углерода производства «HANNA Instrumets».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на подземной воде различных водоносных горизонтов. Качество воды характеризовалось следующими показателями: водородный показатель (рН) составлял от 7,12 до 7,44, минерализация - от 520 до 850 мг/л, содержание растворенного кислорода – 0,35-0,50 мг/л. Концентрация железа общего составляла 1,5 до 9,0 мг/л. Окислительно-восстановительный потенциал изменялся в пределах - от -101 до -29 мВ, температура воды – не превышала 12 °С. Для воды отмечался характерный запах сероводорода, интенсивность которого достигала 2-3 балла. В исходной подземной воде концентрация свободной углекислоты изменялась в пределах от 55 до 70 мг/л.

Как отмечалось ранее на скорость окисления железа и на эффективность процесса обезжелезивания воды в целом влияет интенсивность аэрации, достаточная отдувка сероводорода и двуокиси углерода, о которых косвенно можно судить по изменению таких показателей как рН, окислительно-восстановительный потенциал и концентрация кислорода

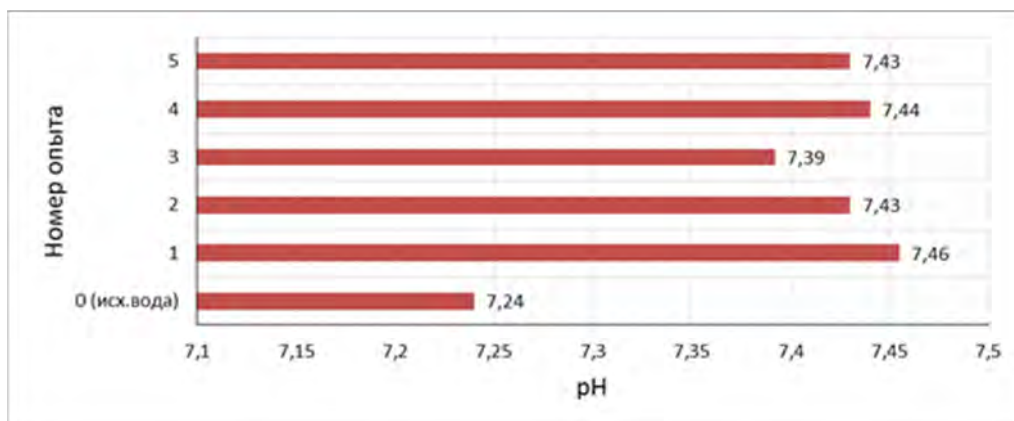
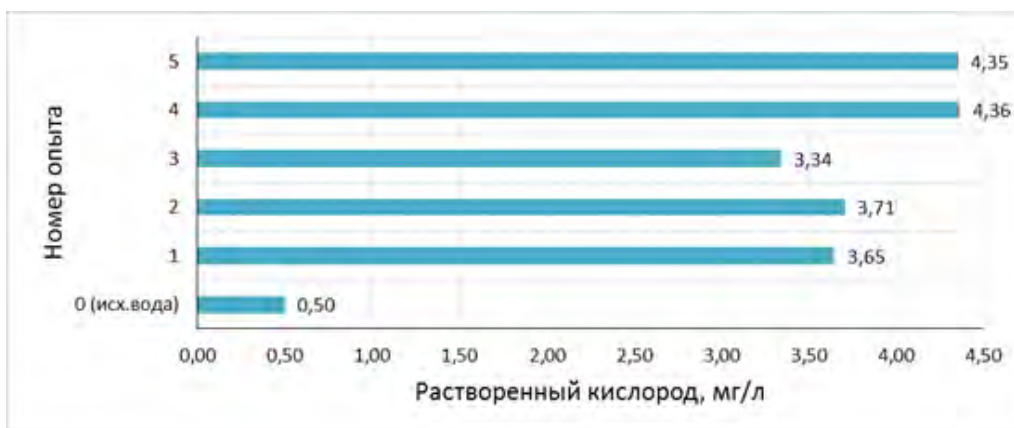
воздуха. В связи с этим были проведены опыты с различными устройствами ввода водо-воздушной смеси после эжектора в камеру аэрационного блока.

В таблице 1 приведена характеристика устройств ввода водо-воздушной смеси. Использовались сплошная и перфорированная трубки с разной высотой заглубления под воду. Диаметр отверстий составлял 1,5 мм, суммарная площадь отверстий принималась равной 20% от площади поперечного сечения трубки, высота перфорированной части трубки составляла не менее 1/3 длины трубки. Время пребывания воды в камере варьировало от 7,5 до 11,6 с.

Таблица 1. Характеристика устройств ввода

№ опыта	Устройство ввода водо-воздушной смеси	Расход воды, л/ч	Соотношение высоты камеры и длины трубки
1	Трубка сплошная	307-327	1:4
2	Трубка сплошная		1:1,2
3	Трубка с перфорацией		1:1,2
4	Трубка сплошная	480-518	1:1,2
5	Трубка с перфорацией		1:1,2

Результаты исследования приведены на рис. 1.



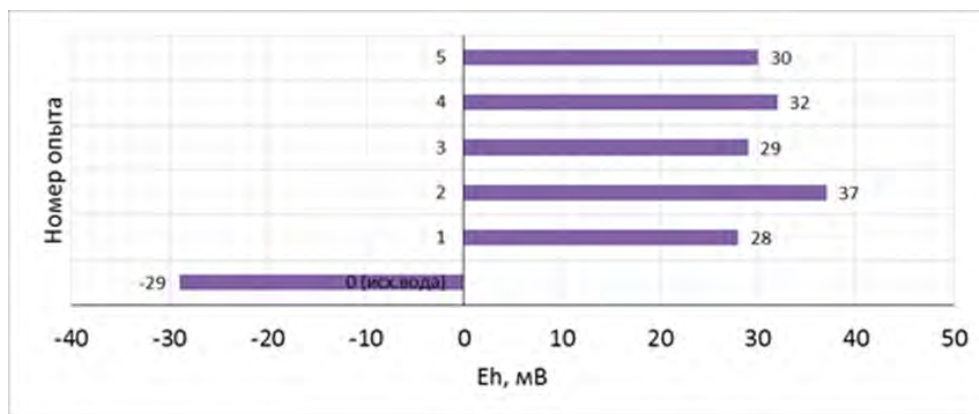


Рис. 1. Изменение показателей качества воды (растворенного кислорода, рН, Eh) в зависимости от конструкции устройства ввода водо-воздушной смеси: 1...5 - см. табл. 1

Экспериментально было установлено, что при подсосе атмосферного воздуха и смешении в эжекторе с обрабатываемой водой, концентрация кислорода мгновенно возрастает с 0,4-0,5 до 2,29-2,58 мг/л. Дальнейшее ее увеличение происходит в аэрационном блоке установки. Результаты, представленные на рис. 1 показали, что независимо от конструкции устройства ввода водо-воздушной смеси насыщение воды кислородом воздуха составляет в опытах 3,34-4,36 мг/л, причем большие значения достигаются с увеличением расхода пропускаемой через эжектор воды и максимальном заглублении трубки под воду. Для всех устройств значение показателей рН и окислительно-восстановительного потенциала возрастало по сравнению с исходной водой с 7,24 до 7,46 и -29 до 32 мВ соответственно. Опыты показали, что смешение воды с воздухом в эжекторе не оказывало существенного влияния на изменение величины Eh, в то время как конструкция устройства ввода, интенсивность аэрации и время обработки воды наоборот способствовали возрастанию окислительно-восстановительного потенциала системы. Максимальное значение Eh в опытах было достигнуто на устройстве № 2 при расходе воды 307-327 л/ч в оптимальных условиях работы эжектора с диаметром рабочего сопла 2,9 мм и объемным коэффициентом инжекции 0,85-1,1.

ВЫВОДЫ

Экспериментально было установлено, что процессы, происходящие в аэрационном блоке компактной установки оказывают существенное влияние на обезжелезивание обрабатываемой воды. Анализ динамики изменения таких показателей как рН, Eh и растворенный кислород в зависимости от качества исходной воды и конструкции устройств ввода водо-воздушной смеси показал, что более эффективным является устройство ввода с максимальным заглублением трубки под воду без ее дополнительной перфорации. Применение такой конструкции позволяет создать благоприятные условия для окисления двухвалентного железа в трехвалентное и последующего задержания осадка гидроксида железа в толще плавающей загрузки фильтрационного блока компактной установки за счет отдувки сероводорода и двуоксида углерода и насыщения воды кислородом воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. М., Стройиздат, 1987. 240 с.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод. – изд. 3-е, перераб. и доп.: Учебное пособие. М., Изд-во АСВ. 2010. 552 с.
3. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. М., Стройиздат, 1975. 176 с.
4. Технический справочник по обработке воды DEGREMONT (2-е издание) в 2-х томах. СПб., Новый журнал, 2007. 1696 с.

5. Менча М.Н. Железобактерии в системах питьевого водоснабжения из подземных источников // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 7. С. 25–35.
6. Муше П., Герасимов Г.Н. Биологическая деферризация воды: обоснование и реализация // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 11. Ч. 2. С. 40–47; № 12. С. 35–39.
7. Говорова Ж.М., Семеновых В.А., Говоров О.Б. Предпосылки к разработке компактной установки для очистки подземной воды // Системные технологии. 2020. № 1 (34). С. 28–31.
8. Патент РФ на изобретение № 2641132. Установка для очистки подземных вод / Говоров О.Б., Семеновых В.А., Говорова Ж.М. Бюл. № 2 от 16.01.2018 г.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНОСУ ЗДАНИЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

М.Е. Дементьева¹, Д.М. Мазурин²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, 7dem@mail.ru

²ГК КрашМаш, 115054, г. Москва, ул. Дубининская, д.57 стр.2, dima.mazurin2017@yandex.ru

Аннотация

Современные тенденции реновации городской застройки свидетельствуют о росте объемов работ по демонтажу морально и физически устаревших зданий и сооружений. В условиях сформировавшейся стесненной городской среды, как правило, в последнее время чаще всего выполняется поэлементная разборка зданий и сооружений. Однако, вне зависимости от способа сноса здания, взрывом или путем механизированной разборки, зачастую получаемые строительные отходы не перерабатываются, а вывозятся на полигоны или свалки, загрязняя тем самым окружающую среду. Утилизация огромных объемов строительного мусора приводит в конечном итоге к серьезным экологическим последствиям, поэтому необходимы современные технологии переработки строительных отходов для их вторичного использования, в том числе непосредственно на месте сноса зданий и сооружений. Кроме того, потребление строительных отходов, в частности, как отдельных конструкций, так и материалов, в качестве сырья для строительной индустрии позволяет сократить выработку и потребление природных ресурсов и тем самым также улучшить экологическую обстановку. Таким образом, рассматриваемая в статье проблема поиска возможности вторичного использования демонтируемых строительных конструкций и выбора для этого оптимального способа поэлементной разборки зданий и сооружений является актуальной. Предметом исследования данной статьи являются существующие технологии поэлементной разборки зданий и сооружений. Целью исследования является выявление эффективности технологических решений по сносу объектов городской застройки с точки зрения затрат на новое строительство и реконструкцию объектов, сокращения потребления сырьевых ресурсов, уменьшения нагрузки на полигоны захоронения отходов и исключения образования несанкционированных свалок. Исследование основано на методах классификации, системного анализа и обобщения. Результатом исследования является классификация технологических решений по сносу объектов городской застройки с учетом технико-экономических и экологических показателей.

ВВЕДЕНИЕ

Современной тенденцией развития крупных городов является реновация городской застройки. Традиционные направления реновации включают реконструкцию, капитальный ремонт зданий и сооружений, уплотнение и разуплотнение застройки [1-3]. Еще одним актуальным направлением является снос физически и морально устаревших зданий и строительство на их месте современных комфортных и безопасных для жителей города строительных объектов.

Процесс реновации сопровождается необходимостью сноса зданий и сооружений, в результате которого образуется большой объем строительных отходов. Статистика показывает [4], что львиную долю отходов в настоящее время составляют кирпич, бетонные и железобетонные изделия (рис. 1). К прочим материалам относятся битумные материалы, стеклянный и керамический бой, загрязненный грунт.

Необходимость утилизации большого объема строительных отходов является актуальной проблемой, которая связана не только с экологическими проблемами загрязнения территорий, грунтовых вод и атмосферы [5]. Строительные отходы могут вторично

применяться в различных областях деятельности [6, 7]. В этом случае важное значение приобретают особенности производства работ при демонтаже зданий и сооружений, которые регламентируются различными нормативно-техническими и методическими документами, описывающими технологические особенности производства работ [8-10].



Рис. 1. Основные виды строительных отходов [4]

Вместе с тем, изменяющиеся конструктивные, планировочные особенности зданий, повышение этажности, плотность застройки диктуют необходимость разработки новых технологических решений по сносу зданий и сооружений [11-14], что обосновывает актуальность настоящего исследования. Поэтому целью исследования являлось изучение эффективности технологических решений по сносу объектов городской застройки с точки зрения экономических затрат, сокращения потребления ресурсов, уменьшения нагрузки на полигоны захоронения отходов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования данной работы являлись технологии сноса зданий и сооружений. Предметом исследования являлось изучение возможностей применения современных технологий сноса зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки.

В данном исследовании был проведен анализ и выполнена классификация традиционных и современных технологических решений по сносу зданий и сооружений на основании отечественного и зарубежного опыта, изучена частота применения различных технологий демонтажа в отечественной практике. Исследование основано на методах системного анализа и обобщения научно-технической информации и методах классификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Важным фактором грамотной утилизации строительных отходов является детальная проработка технологической части сноса зданий и сооружений. Изучение научно-технической литературы показало, что существуют три укрупненных группы методов демонтажа зданий и сооружений: механический, термический и взрывной. Изучение технологий сноса позволило определить их достоинства и недостатки и выполнить их систематизацию, которая представлена на рис. 2.

Также было проведено исследование отечественного опыта применения различных технологий сноса зданий. Частота применения в России методов и способов демонтажа показана на рис. 3. Из гистограммы видно, что доля демонтажа зданий и сооружений с помощью экскаваторов со сменным оборудованием (обратная и прямая лопата, гидробои, гидрорезаки, гидравлический молот и т.д.) лидирует с огромным отрывом и

составляет 3/4 от выполняемых работ. На данный момент такой способ позволяет сносить здания до 60 метров высотой. Сейчас в России существует единственный экскаватор у ГК «КрашМаш» - Демолюшен Caterpillar 390DLME, позволяющий вести демонтаж зданий и сооружений высотой до 55 метров.



Рис. 2. Систематизация технологических решений по сносу зданий

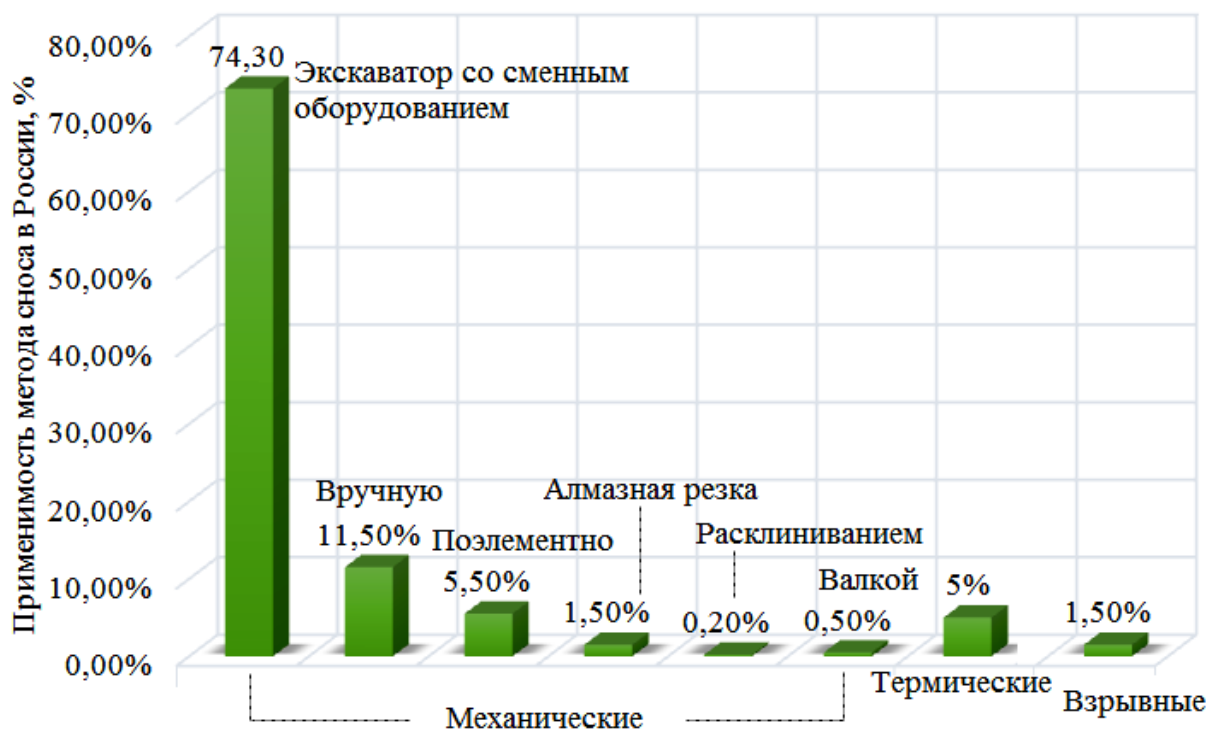


Рис. 3. Гистограмма частоты применения методов сноса зданий и сооружений в России

Современные тенденции в строительной отрасли свидетельствуют, что в ближайшем будущем все больше будет возрастать необходимость демонтажа зданий свыше 20 этажей в условиях плотной городской застройки. Сейчас появляются новые технологические решения. Примером таких технологий может служить опыт Японии. Эта страна стала новатором в технологических решениях по поэтажному демонтажу зданий, и осуществляет снос большого количества невостребованных многоэтажных зданий и небоскребов, построенных в начале 60-70-х годов XX века. Были разработаны уникальные способы демонтажа, позволяющие снизить пылеобразование и шум в условиях стесненной городской застройки. Один из способов называется «Срезать и опустить», который в первые был произведен в 2007 году (рис. 4).



Рис. 4. Снос (демонтаж) здания по технологии «Срезать и опустить» [15]

На фото представлено 25-этажное здание, которое было демонтировано таким методом. Особенность технологии производства работ заключается в том, что конструкции поэтажно срезают, а их нагрузка переносится на гидравлические домкраты [16]. Затем осуществляется снос последующих этажей. При этом образующиеся отходы сортируются непосредственно

на месте сноса, и затем вывозятся. Срок демонтажа представленных на фото зданий составил 9 месяцев. Стоимость работ, по сравнению с другими способами, оказалась выше на 10%. Однако такой способ не позволяет демонтировать высотные здания свыше 100 метров.

Еще один способ демонтажа высотных зданий по технологии «Срезать и опустить» выполняется по системе «Тесогер» [15, 16]. Такая технология позволяет разбирать здания свыше 100 метров. Примером служит демонтаж 140-метрового небоскреба в городе Токио, несущими конструкциями которого являются железобетон (рис. 5). Такой способ сноса по системе «Тесогер» предполагает поэтапный демонтаж сверху вниз.



Рис. 5. Снос (демонтаж) здания по технологии «Тесогер» [15]

Для предупреждения пылеобразования и снижения шума этажи, где ведутся демонтажные работы, закрывают специальными ограждающими конструкциями.

ВЫВОДЫ

В работе была проанализирована актуальная проблема выбора технологии сноса строительных объектов при реновации городской застройки. Результатом исследования стала систематизация данных о применяемых технологиях сноса, их технологических особенностях, преимуществах и недостатках. В работе предложен ряд факторов, которые следует учитывать при выборе способа сноса здания:

- особенности застройки в зоне производства работ с учетом разворачивания станции переработки на месте производства работ;
- характер демонтажа (полный или частичный, замена отдельных конструкций);
- возможности вторичного применения материалов с учетом их износа.

С учетом сложившейся плотной застройки и количества многоэтажных зданий в крупных городах России чаще будет использоваться способы поэтапного демонтажа, ручного демонтажа, резки алмазными канатами и алмазными отрезными дисками, гидравлическими расклинивающими устройствами. Следовательно, трудовые и

экономические затраты на разборку зданий будут увеличиваться. Однако такие технологии являются эффективными с экологической точки зрения, поскольку позволяют осуществлять сортировку строительного мусора уже на этапе его возникновения. Таким образом, направлением дальнейших исследований является совершенствование технологических решений поэлементного сноса зданий для возможности вторичного использования продуктов демонтажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дементьева М.Е., Педяш Е.В. Обзор принципов обоснования проектных решений по реконструкции жилой застройки. Научное обозрение. 2017. № 15. С. 24—27.
2. Костышак М.М., Коваленко Ю.А. Причины проведения демонтажа зданий и его влияние на городскую застройку // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3 (92). С. 501—505.
3. Дементьева М.Е., Демьянко М.Ю. Анализ проблем согласования проектов реконструкции жилых зданий на территории Московской области. Безопасность строительного фонда России // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. № 1. С. 200.
4. Мазурин Д.М. Использование строительных отходов в качестве вторичных ресурсов // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». Режим доступа: <http://scienceforum.ru/2018/article/2018006766>. Дата обращения: 02.10.20.
5. Сидякин П.А., Магомадов И.З., Палатов Р.Р., Стате Г.И. Защита атмосферного воздуха от запыленности при проведении демонтажа зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т. 11. № 2 (40). С. 88—91.
6. Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М., Семенова В.В. Утилизация отходов производствостроительных блоков // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 11. С. 32—35.
7. Колодяжный С.А., Золотухин С.Н., Абраменко А.А., Артемова Е.А. Снос зданий и использование материалов, образующихся при реновации городских территорий // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 2. С. 271—293.
8. СП 325.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации.
9. МДС 12-64.2013. Типовой проект организации работ на демонтаж (снос) здания (сооружения).
10. ТК-25. Типовая технологическая карта на разборку крупнопанельного жилого здания.
11. Бадагуев. Б.Т. Работы с повышенной опасностью. Разборка (снос) зданий и сооружений (организация, технология и безопасность работ, утилизация отходов): монография. М.: Альфа-пресс. 2012. 152 с.
12. Способы разборки зданий и конструкций. Рбжим доступа: <https://injazhita.com/sposobi-razborki-zdaniie-i-konstrukcii.html>. Дата обращения: 05.10.20.
13. Мазурин Д.М. Особенности поэлементной разборки зданий // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. 2020. С. 139—142.
14. Черноиван В.Н., Леонович С.Н., Черноиван Н.В. Эффективные технологии производства работ по ликвидации не эксплуатируемых производственных объектов // Наука и техника. 2016. Т. 15. №2. 95—106.
15. Инновационный снос зданий по-японски. Режим доступа: <https://www.oknamedia.ru/novosti/innovatsionnyy-snos-zdaniy-po-yaponski-45477>. Дата обращения: 07.10.20.
16. Жилина А.В. Метод рационального использования энергии при демонтаже высотных зданий "Тесгер" // В сборнике трудов III Всероссийской научно-технической конференции " Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения". Махачкала. 2018. С. 208—210.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

М.Е. Дементьева¹, А.С. Якименко²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, 7dem@mail.ru

²АО «Метрогипротранс», 115054, Москва, ул. Новокузнецкая, д. 43/16, стр.1, jakimenk.nastja@rambler.ru

Аннотация

В статье представлены результаты исследования по изучению основных направлений улучшения качества воздуха в метрополитене Москвы в процессе эксплуатации. В Москве, одном из крупнейших мегаполисов мира, с каждым годом наблюдается снижение качества окружающей среды, в частности вследствие повышения уровня загрязнения воздуха токсичными веществами. Стремительный рост экологического риска проживания людей возникает, в том числе, вследствие интенсивного строительства и расширения города, а также увеличения количества транспорта и ускорения техногенного воздействия на окружающую среду. В настоящее время одним из основных видов транспорта для большинства жителей столицы является метрополитен. Так, доля Московского метрополитена в перевозке пассажиров составляет около 56%, где, по данным ряда исследований, общий уровень загрязнения среды может превосходить уровень загрязнения атмосферного воздуха города. Поэтому рассматриваемая в статье проблема обеспечения качества параметров микроклимата подземных сооружений является актуальной и тесным образом связана с качеством эксплуатации систем жизнеобеспечения этих сооружений. Предметом исследования данной статьи является изучение методов совершенствования эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха для обеспечения безопасной эксплуатации сооружений метрополитена. Целью исследования является разработка рекомендаций по выбору проектного решения по модернизации систем микроклимата с учетом экологических и санитарно-гигиенических требований к качеству воздуха метрополитена. Исследование основано на методах сравнения, системного анализа и обобщения. Результатом исследования является комплекс эксплуатационных мероприятий по профилактике загрязнений воздушной среды действующих и строящихся станций, направленных на создание оптимальных условий пребывания пассажиров и сотрудников метрополитена.

ВВЕДЕНИЕ

По данным пресс-службы московского транспорта, Московское метро входит в десятку метрополитенов мира по пассажиропотоку. Так, количество пассажиров, перевезенных в 2019 году, составило 2560,7 миллионов человек [1]. Ежедневно по 15 линиям метро проходит более 12 тысяч поездов, а суммарная нагрузка 25% станций составляет более 50 тысяч пассажиров.

По данным многочисленных исследований [2-6] одной из наиболее острых проблем современного метрополитена является запыленность воздуха на станциях и в тоннелях. Пыль, проникая в подземные сооружения, загрязняет полы, стены, потолки, архитектурные детали, оседает на механизмах и электрических кабелях. Основная масса пыли заносится пассажирами на обуви и одежде, что в конечном итоге приводит к истиранию полов, лестниц, сдуванию продуктов смазочных масел с узлов различных механизмов, трению элементов подвижного состава. Кроме того, пыль является потенциальным фактором распространения пожара. Ситуация усугубляется с увеличением пассажиропотока, а также

числа и скорости движения поездов, что значительно осложняет эксплуатацию всего подземного комплекса.

Кроме запыленности воздуха в подземных сооружениях метрополитена фиксируется повышенная концентрация углекислого газа, как в подвижных составах, так и на самих станциях. Известно, что при повышенном содержании CO_2 в воздухе у людей может наблюдаться ухудшение физического состояния вследствие недостатка кислорода, вплоть до потери сознания.

Кроме того, низкое качество работы систем вентиляции и кондиционирования способствует распространению вирусов и бактерий, особенно в условиях пандемии. Таким образом, качество параметров микроклимата непосредственным образом зависит от качества эксплуатации систем вентиляции подземных сооружений метрополитена, что обосновывает актуальность данной работы. Поэтому целью исследования является разработка рекомендаций по выбору решений, направленных на совершенствование эксплуатации систем микроклимата с учетом экологических и санитарно-гигиенических требований к качеству воздуха станций метрополитена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования данной работы являлась система вентиляции подземного сооружения на примере станций метрополитена Сокольнической линии, которая является самой старой линией Московского метро. Предметом исследования являлись способы совершенствования эксплуатации систем вентиляции, направленные на обеспечение требований технических регламентов о безопасности сооружений метрополитена.

В данном исследовании был проведен анализ данных о состоянии воздушной среды на станциях одной из линий Московского метрополитена, изучены различные методы улучшения состояния воздуха в процессе эксплуатации с учетом отечественного и зарубежного опыта. Исследование основано на методах системного анализа и обобщения научно-технической информации, также на методах сравнения результатов санитарно-гигиенических исследований микроклимата подземного сооружения с требованиями отраслевой нормативно-технической литературы [7, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно [7] «содержание загрязняющих веществ в воздухе пассажирских помещений не должно превышать максимальных разовых ПДК для атмосферного воздуха населенных мест: концентрация смешанной пыли - $0,5 \text{ мг/м}^3$; содержание двуокиси углерода в летнее время - $0,1\%$, а в остальные сезоны года - $0,12\%$ по объему».

Исследование запыленности станций Сокольнической линии метрополитена представлено на рис. 1 [9].

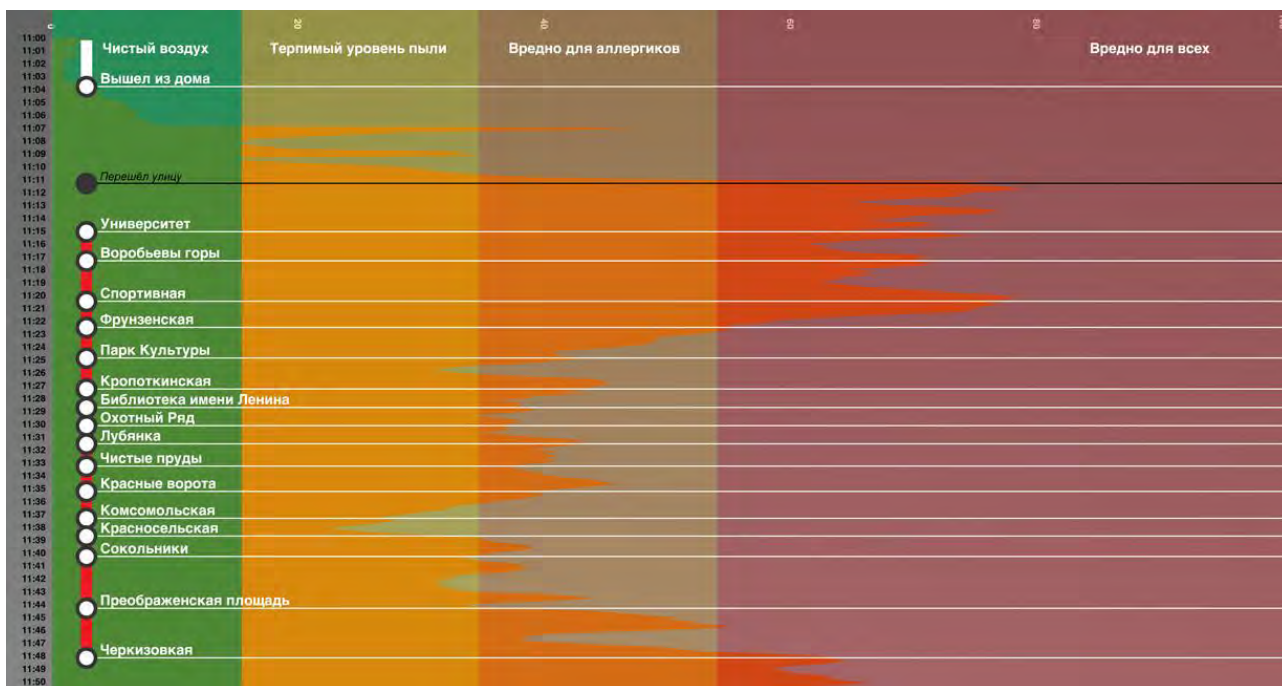


Рис. 1. Концентрация пыли на станциях Сокольнической линии [9]

Анализ графических данных показывает, что больше половины станций Сокольнической линии имеют уровень запыленности, вредный для здоровья. Из этого можно сделать вывод о том, что нынешняя система вентиляции не может обеспечить должное качество воздуха и безопасность пользования, поэтому нуждается в модернизации. Однако полная замена системы вентиляции создаст ряд трудностей для пользователей: необходимо перекрывать линию, что приведет к серьезным экономическим последствиям, а также создаст столпотворения на смежных ветках метро. Поэтому необходимо найти такие методы решения проблемы, которые не будут требовать остановки движения.

Техническая эксплуатация инженерных систем включает такие мероприятия, как техническое обслуживание, санитарное содержание, ремонт, модернизация. При рассмотрении методов совершенствования эксплуатации системы вентиляции, в первую очередь, следует обратить внимание на оптимизацию процессов с наименьшими трудозатратами, в частности на совершенствование технологических операций, контроля качества и периодичности работ по санитарному содержанию и техническому обслуживанию [10]. Так, особое внимание следует уделить прочистке вентиляционных шахт и самого вентиляционного оборудования. Для этого воздуховоды должны быть доступны для ревизии и очистки в условиях эксплуатации, что предполагает установку специальных лючков для прочистки. Лючок для прочистки воздуховодов предназначен для проведения работ по инспекции, очистке и дезинфекции воздуховодов. Лючки изготавливаются из оцинкованной или нержавеющей стали и имеют резиновый уплотнитель по периметру съемной крышки. Они могут устанавливаться как на круглые, так и на прямоугольные воздуховоды. При этом важно максимально механизировать процесс уборки, как самих воздуховодов, так и станций, чтобы избежать поднятия пыли в воздух. Сам график уборки целесообразно оптимизировать на основе данных об изменении концентрации загрязняющих веществ в воздухе станций в течение суток, предупреждая тем самым достижение ПДК.

Еще одним направлением обеспечения безопасности пользования помещениями подземного сооружения является организация непрерывного мониторинга параметров микроклимата и воздушной среды, который можно осуществлять с помощью датчиков автоматизированного контроля показателей, как на станциях, так и в подвижных составах метро [4, 11]. Текущий контроль запыленности после фильтра, используя датчик уровня пыли и датчик дифференциального давления, позволяет своевременно выявлять потребность

в замене фильтра. Кроме того, датчик уровня пыли является элементом системы контроля качества эксплуатации вентиляции, поскольку он позволяет отследить отказ фильтра очистки воздуха и своевременно его заменить. Тем самым предотвращается выброс пыли, обеспечиваются требования экологической безопасности, совершенствуется процесс технического обслуживания элементов системы вентиляции [5].

Поскольку пыль и грязь является благоприятной средой для распространения различных инфекций, параллельно с мероприятиями по очистке от пыли будет целесообразно осуществлять дезинфекцию воздуха станционного комплекса. В качестве примера можно привести ультрафиолетовые модули обеззараживания (УФМО) – это секция обеззараживания с бактерицидными лампами, которая встраивается в существующую приточную вентиляцию, центральный или каналный кондиционер (рис. 2). УФ-модули потребляют не более $0,2 \text{ Вт/м}^3$ в час, удобны в эксплуатации, компактны. Также данные секции практически не влияют на потери напора вентиляционной установки, которые составляют меньше 20 Па, что позволяет их устанавливать на все приточные системы. Наиболее эффективным является применение УФ-модулей совместно с фильтрами грубой очистки класса G3, G4, которые обладают высокой пылеемкостью, успешно удаляют из воздуха крупные аэрозоли, пыль, споры бактерий, грибов и плесени, но при этом не создают большого аэродинамического сопротивления. Кроме того, они устойчивы к действию ультрафиолетового излучения [6, 12].



Рис. 2. Принципиальная схема встраиваемой секции обеззараживания воздуха в существующую систему вентиляции (кондиционирования)

ВЫВОДЫ

В работе была проанализирована актуальная проблема загрязнения воздуха, как одна из наиболее острых проблем современного метрополитена. Было установлено, что серьезным фактором ухудшения безопасности пользования подземным сооружением является запыление воздуха, приводящее к серьезному ухудшению параметров микроклимата и снижению пожарной безопасности.

В результате исследования был предложен ряд рекомендаций по совершенствованию организационно-технологических решений по эксплуатации системы вентиляции станции метрополитена, направленных на улучшение состояния воздушной среды в метро, и включающих в частности:

- повышение качества контроля технического обслуживания вентиляционных шахт, вентиляционного оборудования и воздуховодов;
- установка в труднодоступных местах лючков для прочистки вентиляционных коробов;
- механизация процесса санитарного содержания станций и тоннелей для снижения циркуляции пыли в воздухе;
- оптимизация графиков уборки по данным мониторинга изменения концентрации загрязняющих веществ в течение суток;

- установка датчиков уровня пыли на приточных установках для своевременной замены фильтров;
- установка УФ-модулей в комплекте с фильтрами грубой очистки для обеззараживания воздуха и предупреждения распространения инфекций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрополитен в цифрах. Режим доступа: <https://www.mosmetro.ru/press/digits/> Дата обращения: 01.10.20.
2. Суменкова О.А., Коломиец А.С., Газизулина Э.Р., Гузеева С.А. К вопросу о запыленности городов и здоровья населения // В сборнике: Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке. Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 304—309.
3. Дементьева М.Е. Оценка экологической опасности городской среды // Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 12—13.
4. Дубровская Т.А. Гигиенические основы оптимизации воздушной среды станций метрополитена: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 14.00.07. – М. 1996. 23 с.
5. Каганова Ю.А. Контроль эффективности систем очистки отходящих газов в производстве огнеупорных материалов // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 101—112.
6. Якименко В.В. Применение устройств обеззараживания воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2016. № 8. С. 36—41.
7. СП 2.5.1337-03. Санитарные правила эксплуатации метрополитенов.
8. СП 120.13330.2012. Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003 (с Изменениями N 1-4).
9. Борисов В. Чем мы дышим в транспорте Москвы: Один день в метро и МЦК. Режим доступа: <https://victorborisov.livejournal.com/297116.html>. Дата обращения: 01.10.20.
10. Dement'eva M. Integrated technique of planning the capital repair of residential buildings and objects of transport infrastructure // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 90. Pp. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012052
11. Дементьева М.Е., Педяш Е.В. Перспективы интеллектуализации зданий при реконструкции жилой застройки // Научное обозрение. 2017. № 20. С. 167—170.
12. Якименко В.В. Обеззараживание воздуха в системах ОВК общественных зданий // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2014. № 8. С. 58—62.

ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНФИГУРАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПОИСКОВОЙ МЕТОДИКОЙ

А.К. Ключко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, KlochkoAK@mgsu.ru

Аннотация

В данной статье раскрывается специфическая терминология, применяемая при использовании поисковой методики. Рассмотрены особенности механизма работы итерационно-поисковой методики. Изучается краткая история развития методов получения необходимых конфигураций газораспределительных сетей, а также конфигураций иных линейных объектов (метод с использованием точек Штейнера, применение алгоритма Прима, метода наименьших квадратов и метода взвешенных наименьших квадратов). Рассматриваются специфика и особенности конфигурирования газораспределительных сетей высокого и среднего давлений. Анализируется техническое состояние газораспределительных сетей в РФ на данный момент, а также затрагиваются проблемы, с которыми сталкиваются профильные предприятия при эксплуатации газораспределительных сетей сегодня.

Материалы и методы исследования предусматривают сравнение поисковой методики с различными математическими методами получения конфигураций сетей, выявление на расчётном примере различий в получаемых результатах различными методиками, а также анализ преимуществ различных методов конфигурирования. В статье применен междисциплинарный подход, учитывающий вопросы в области газоснабжения, градостроительства и правовых норм, комплексно влияющих на принятие решения по конфигурированию газораспределительной сети в населённом пункте и вне его для межпоселковых газопроводов.

Результаты исследований представляют собой алгоритм работы итерационно-поисковой методики, а также набор рекомендаций по использованию итерационно-поисковой методики при проектировании газораспределительных сетей высокого и среднего давлений. Результаты данной работы могут быть использованы в практике проектирования газораспределительных сетей из металлических и полиэтиленовых труб, а также в учебном процессе в качестве методических рекомендаций при подготовке будущих специалистов в области теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения зданий, сооружений и населенных пунктов.

В качестве выводов приведены основные преимущества итерационно-поисковой методики в вопросах конфигурирования газораспределительных сетей в сравнении с другими оптимизационными алгоритмами, представлен набор практических рекомендаций для интеграции поисковой методики в процессы проектирования газораспределительных сетей среднего и высокого давления.

Ключевые слова: поисковая методика, градиентный метод, газораспределительные сети низкого давления, газораспределительные сети высокого давления, оптимизация газораспределительной сети, целевая.

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация страна, не только выделяющаяся своими размерами, холодным климатом на большей части своей территории, но ещё в силу значительной обеспеченности природным газом (метаном), государство, имеющее разветвленную и развитую сеть газопроводов. Развитие газораспределительных сетей пришлось на советскую эпоху. В настоящее время в силу изношенности газораспределительных сетей, а также тенденции по переносу крупных производств за черту городской среды, вопросы, связанные с

реконструкцией и оптимизацией газораспределительных сетей, приобретают важное значение. Также необходимо отметить, что при проведении карантинных мероприятий и бурном развитии удалённой работы через интернет начали протекать явления частичной деурбанизации городской среды, что в последующем приведёт к увеличению охвата газоснабжением пригородной среды.

Проводимая государством политика сохранения и развития топливно-энергетического комплекса направлена на учет различий природно-климатических и социально-экономических условий, специфики регионов [1]. Важно достигать высокой экологической эффективности при использовании природного газа в качестве сжигаемого топлива, обеспечивать энергетическую безопасность каждого абонента, а также увеличивать надёжность газораспределительных сетей путём применения нового оборудования, материалов и качественной проработки схемы снабжения абонентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Различные математические алгоритмы оптимизации и построения газораспределительных систем дают различные результаты по принятым целевым функциям, как по экономическим и надёжности, так и по геометрическим характеристикам (метод с использованием точек Штейнера, применение алгоритма Прима, метода наименьших квадратов и метода взвешенных наименьших квадратов и так далее).

При решении инженерных задач допустимых решений множество, но все решения имеют различную эффективность по принятому целевому параметру [2, 3].

Многими авторами показано, что оптимальная точка в нелинейных задачах единственная и всегда находится на границе допустимых и не допустимых решений, поэтому крайне важно правильно описать границу между допустимыми и не допустимыми решениями [4, 5].

Ограничения, описывающие минимальные значения записываются в виде [6]:

$$f(x) \geq f(x)_{min} \quad (1)$$

Ограничения, описывающие максимальные значения записываются в [6]:

$$f(x) \leq f(x)_{max} \quad (2)$$

Условиями, ограничивающими допустимые решениями при проектировании газораспределительных сетей, служат: давление газа перед абонентом; показатель надёжности газораспределительной сети; капитальные затраты на строительство сетей [7, 8].

Качественным методом для ведения направленного перебора допустимых вариантов решения инженерной задачи является итерационно-поисковая методика (или сокращенно «поисковая методика»)

Осуществление контроля за движением и направлением поиска реализовано посредством промежуточных подитераций. В подитерации набор варьируемых параметров от исходного отличается изменением только одного варьируемого параметра. Пример выбора направления поиска с использованием подитераций приведём в таблице 1:

Таблица 1. Выбор направления движения поиска

исходная итерация (r)	a_{1r}	a_{2r}	a_{3r}	...	a_{ir}
промежуточная подитерация	a^*_{1r}	a_{2r}	a_{3r}	...	a_{ir}
промежуточная подитерация	a_{1r}	a^*_{2r}	a_{3r}	...	a_{ir}
промежуточная подитерация	a_{1r}	a_{2r}	a^*_{3r}	...	a_{ir}
промежуточная подитерация	a_{1r}	a_{2r}	a_{3r}	...	a^*_{ir}

следующая итерация (r)	$a_{1(r+1)}$	$a_{2(r+1)}$	$a_{3(r+1)}$...	$a_{i(r+1)}$
----------------------------	--------------	--------------	--------------	-----	--------------

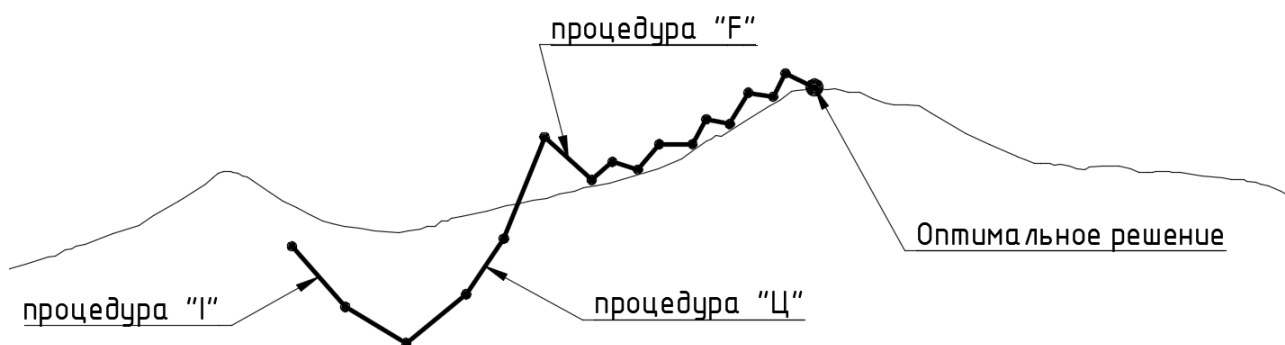
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В задачах рациональной трассировки сетей газоснабжения эффективность решения зависит от правильного выбора алгоритма перебора вариантов.

Движение поиска оптимального по целевому параметру решения производится последовательным выполнением специализированных процедур «Ц»-«F»-«I». Процедура с обозначением «Ц» способствует наибо́льшему перемещению точки поиска из зоны недопустимых решений в зону решений допустимых для условий рассматриваемой задачи. Контроль за соблюдением ограничительных условий контролирует "суммарная невязка". Процедура с обозначением «F» направлена на перемещение текущей точки положения поиска внутри зоны допустимых решений. Процедура с обозначением «I» отдаляет точку поиска от зоны допустимых решений в зону недопустимых решений, однако возможно и выполнение отдаления от зоны допустимых решений глубже в зону допустимых решений. Наличие процедуры «I» позволяет производить проверку правильности получаемого решения и способствует избеганию ситуации попадания в точку «локального оптимума».

Результаты исследования представляются в схематичном виде проведения итерационного поиска наиболее благоприятного решения задачи по трассированию газопровода. Схематично пилообразное движение процесса поиска отображено на рисунке 1.

ОБЛАСТЬ НЕДОПУСТИМЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ



ОБЛАСТЬ НЕДОПУСТИМЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ

Рис. 1. Поиск оптимального решения посредством «Ц»-«F»-«I» процедур

ВЫВОДЫ

Математические алгоритмы решения вопросов оптимизации конфигураций газораспределительных сетей дают различные решения и, к сожалению, часто отсутствует возможность выбора целой функции. Применение метода поисковой оптимизации позволяет не только выбирать целевую функцию для поиска рационального решения, но вводить ограничительные условия для решаемых задач по построению геометрии газораспределительных сетей. Причём ограничительные условия могут прописываться в любых количествах, а у каждого ограничения может быть индивидуальный весовой коэффициент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года

2. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
3. Жила В.А. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция". М.:АСВ, 2014. 368 с.
4. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Надежность газораспределительных систем. / Издательский дом "Наука образования". НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ. 2017. № 20. С. 38-44.
5. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Способы повышения надёжности систем газораспределения в городском строительстве. / Общество с ограниченной ответственностью Журнал Инновации и инвестиции. ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ. 2017. № 20. С. 139-142.
6. Лактунькин А.В. Выбор степени кольцевания газораспределительной сети высокого давления для среднего населенного пункта: ВКР М., 2018 с 21.
7. Жила В.А., Маркевич Ю.Г. Газоснабжение города: задание и методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 270109 ТГВ. – М.: МГСУ, 2011. 47 с.
8. Klochko A., Zhila V. Determination of high-pressure pipeline cyclization degree with exploratory technique . // MATEC Web Conf. VI International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE-2018) 2018. Volume 251. No. 7336. p. 91-94. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825103030>К.Ф. Лях Хоспис: социальный институт постиндустриального общества // Вестник мурманского государственного технического университета Том 9 № 4, 2006 Стр.562-568

РАСЧЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КЛИМАТА

О.Ю. Маликова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, KryuchkovaOU@mgsu.ru

Аннотация

В статье рассмотрена методика расчета годовых, сезонных и ежемесячных затрат теплоты, холода, электроэнергии и воды для систем КВ по усредненным для каждой погодной зоны температурам и энтальпиям наружного воздуха в рабочее время по данным вероятностно-статистической модели климата. Обсуждается методология расчета годового, сезонного и месячного потребления тепла, холода, электроэнергии и воды для систем кондиционирования воздуха на основе температур и энтальпий наружного воздуха, усредненных для каждой погодной зоны в течение рабочего дня по вероятностно-статистической климатической модели.

Статья содержит краткое описание методики инженерного быстрого ручного расчета ресурсопотребления с проведением сравнения результатов при использовании упрощенных таблиц климатической информации о погодных зонах различной наружной очистки воздуха в устройствах центральной системы кондиционирования. Исследован пример расчета годовых затрат для системы, управляемой методом «оптимальных режимов» по схеме прямого потока с обходом камеры увлажнения и контролируемого процесса в воздухоохладителе.

Преимущества предлагаемой инженерной методики заключаются не только в точности, но и в том, что она позволяет рассмотреть работу установки в течение года с большей детализацией для каждого аппарата очистки воздуха. Показано, что упрощенная процедура пригодна для использования, поскольку она дает расхождения с машинным расчетом, который составляет не более 10%, что допустимо для инженерной практики.

ВВЕДЕНИЕ

По мнению большинства специалистов в области энергосбережения, учет потребления энергии на поддержание микроклимата помещения наиболее показателен, если он рассчитан для года в целом [1, 2]. Результатом расчетов по предлагаемой в статье методике будет возможность расчета годовых затрат теплоты, холода, воды и электроэнергии системами кондиционирования воздуха (СКВ). В настоящее время нормативными документами обеспечивается только учет затрат ресурсов на отопление и вентиляцию [3]. В ходе исследований рассмотрена методика расчета годовых и ежемесячных (с возможностью посезонного учета) затрат теплоты, холода, электроэнергии и воды для СКВ по средним для выделенной «погодной» зоны температурам и энтальпиям наружного воздуха по данным вероятностно-статистической модели климата [4, 5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Требуемые исходные данные для расчета: климатические данные в виде вероятностно-статистической модели; требования к микроклимату помещения (температура, относительная влажность воздуха); данные о тепловлажностном процессе обработки воздуха в помещении для каждого периода года; временной режим работы; расчетный и минимальный расход наружного воздуха; характеристики установленных электродвигателей вентиляторов и насосов СКВ и холодильной машины; параметры точки росы для каждого периода года. В методике речь идет только об обработке воздуха для подачи в помещение в

качестве приточного. Все внутренние тепловые и влажностные процессы, создающие нагрузку на СКВ, считаются заранее полученными при проектировании инженерных систем.

Требования к микроклимату помещения определяются оптимальными/допустимыми температурой и относительной влажностью воздуха для каждого периода года отдельно: для теплого (ТП) и для холодного (ХП).

Первый шаг применения методики начинается с нанесения на I-d-диаграмму области оптимальных/допустимых параметров внутреннего воздуха, образованной изолиниями нормируемых значений температуры и относительной влажности. Через точки, ограничивающие четырехугольник максимальными значениями температуры в теплый период года, следует провести луч процесса изменения состояния воздуха в ТП, через точки, ограничивающие четырехугольник минимальными значениями температуры в холодный период года, провести луч процесса в ХП, и построить область параметров приточного воздуха, соответствующую рабочей разности температур.

Исходя из расчётной схемы обработки воздуха в полученной по исходным данным для СКВ, область всех возможных сочетаний температуры и относительной влажности в месте строительства необходимо разделить на «погодные» зоны на I-d-диаграмме [6]. В каждой «погодной» зоне определяется точка наружного воздуха по средним для этой зоны значениям энтальпии I , кДж/кг, и влагосодержания d , г/кг с.в., принятым из таблиц, полученных по расчетам на ПК. Далее для этой точки наружного воздуха определяются мгновенные расходы теплоты, холода, воды и электроэнергии по формулам [8] для получения параметров приточного воздуха. По таблицам [7], соответствующим конкретной схеме обработки воздуха, определенной проектировщиком на этапе разработки СКВ, определяется время работы каждого аппарата по каждой зоне за год. Годовые расходы теплоты, холода, воды и электроэнергии определяются как произведение мгновенных расходов энергетических показателей и времени работы соответствующего аппарата за период по требованию.

Далее рассмотрим пример расчета энергозатрат для СКВ, работающей по методу «оптимальных режимов» [6] по прямоточной схеме с управляемым процессом в блоке увлажнения и управляемым процессом в поверхностном воздухоохладителе для помещения большого объема в г. Москва, с режимом работы с 9:00 до 18:00 при 5-дневной рабочей неделе. Результаты расчета будут представлены в табличной форме.

Оптимальные параметры внутреннего воздуха: для ТП - $t = 25$ °С, $\varphi = 60$ %, угловой коэффициент луча процесса в помещении $\varepsilon = 12000$ кДж/кг, для ХП - $t = 18$ °С, $\varphi = 30$ %, угловой коэффициент луча процесса в помещении $\varepsilon = 17000$ кДж/кг. Расчетный расход приточного воздуха 5600 м³/ч. Теплопоступления известны для каждого отдельного месяца. Рабочая разность температур составляет 4 °С.

Выполнив первый шаг методики, получим область параметров приточного воздуха $П_1П_2П_3П_4$. Далее разделим область возможных сочетаний температуры и относительной влажности на отдельные «погодные» зоны, соответствующие прямоточной СКВ с управляемыми процессами увлажнения и охлаждения обрабатываемого воздуха. Описание границ всех «погодных» зон для указанной СКВ по порядку этапов обработки воздуха согласно рисунку 1 приведено в [9].

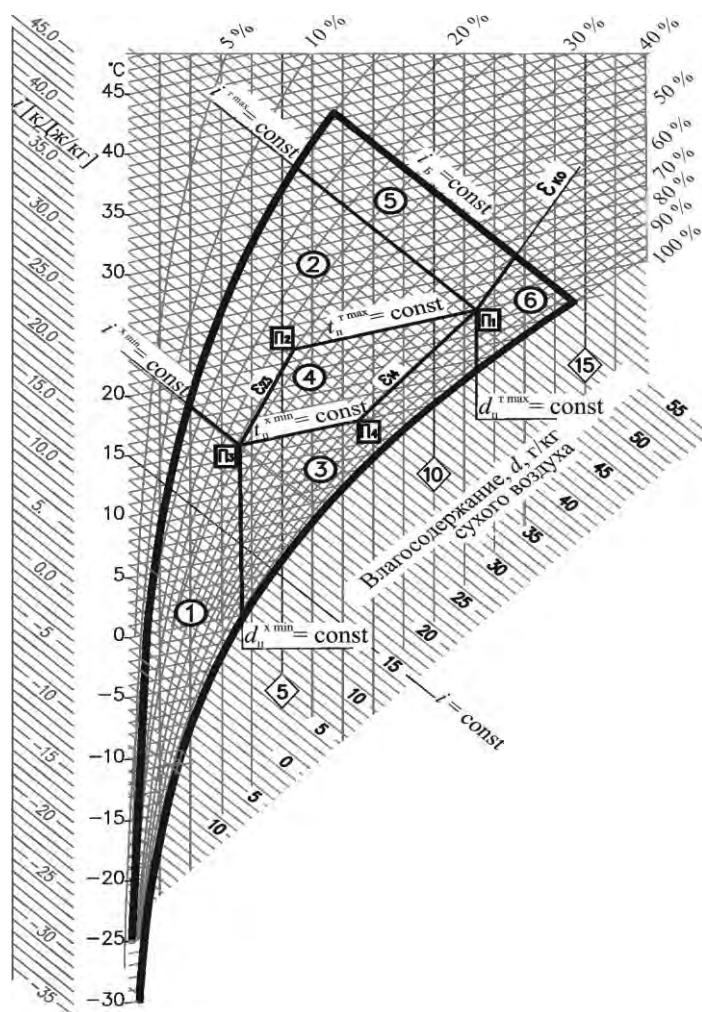


Рис. 1. Области «погодных» зон процесса обработки приточного воздуха при прямооточной схеме с управляемыми процессами увлажнения и охлаждения: 1 - нагрев наружного воздуха в воздухонагревателе + увлажнение в блоке сотового увлажнения; 2 - увлажнение в блоке сотового увлажнения; 3 - нагрев наружного воздуха в воздухонагревателе; 4 – подача наружного воздуха без обработки; 5 – управляемый процесс охлаждения в поверхностном воздухоохладителе; 6 - нагрев наружного воздуха в воздухонагревателе + управляемый процесс охлаждения в поверхностном воздухоохладителе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Необходимо отметить, что полученные результаты энергопотребления СКВ в таблице 1 следует рассматривать как достаточно вероятные на основании измерения климатических показателей для вероятностно-статистической модели, описанной в [4]. В некотором конкретном году они действительно могут быть незначительно больше/меньше. Кроме того применение среднего за каждый период времени тепловлажностного отношения воздуха в помещении также влияет на точность расчета. При расчетах для каждого месяца отдельно есть возможность откорректировать значение тепловлажностного отношения при определении границ между «погодными» зонами.

Таблица 1. Результаты расчета по инженерной методике упрощенным способом и методики с применением ПК для примера

Зоны	Инженерный расчет					Расчет на ПК			
	Параметры точки $i_{cp, i}, d_{cp, i}$	Время работы	Расход теплоты, Q_{T2} , кВт·ч	Расход воды, W , кг	Расход холода Q_x , кВт·ч	Время работы	Расход теплоты, Q_{T2} , кВт·ч	Расход воды, W , кг	Расход холода Q_x , кВт·ч
1	0,72/ 2,06	1211,5	48054	4652	-	1220,9	45874	4715	
2а	29,31/4,17	28,95	-	57	-	23,6	23700	771	
2б	45,38/8,54	137,1	-	790	-	154,0			
3а	19,52/4,94	785,2	21583	-	-	752,3			
3б	37,55/9,09	218,2	892	-	-	209,8			
4	37,35/7,53	416,6	-	-	-	431,9	-		
5	55,72/11,42	114,6	-	-	1094	117,1	-		984
6	55,34/13,15	52,2	363	-	357	54,8	331		358
Год	-	2964,3	70892	5499	1451	2964,4	69905	5486	1342

Таблица 2. Невязки результатов расчета по упрощенной методике и методике с применением ЭВМ

Зоны	Невязка между методами, %			
	по расходу теплоты	по расходу воды	по расходу холода	по времени работы
1	4,54	-1,35	-	-0,77
2а+2б	-	9,94	-	-6,52
3а+3б	-5,17	-	-	4,19
4	-	-	-	-3,67
5	-	-	9,97	-2,18
6	8,77	-	-0,14	-4,98
Год	1,39	0,25	7,48	-0,77

Данные таблицы 2 показывают, что упрощенная «инженерная» методика пригодна к использованию, поскольку расхождение с компьютерным расчетом не превышает 10 % и это допустимо для практической работы.

Преимущества предлагаемого подхода к расчету потребляемых энергоресурсов принадлежат лежащей в основе обширной климатической модели, чем может предоставить СП 131.13330.2018 «Строительная климатология». В этом же скрываются и сложности, поскольку для реализации методики потребуется произвести обработку первичной климатологической информации для различных районов строительства.

Неоспоримым достоинством нашей «инженерной» методики является не только достаточно высокая точность, но и то, что она дает возможность рассматривать работу СКВ в течение года с детальностью, позволяющей определять затраты каждым из входящих в СКВ блоком обработки воздуха в зависимости от времени его работы.

ВЫВОДЫ

Основные результаты расчетов по «инженерной» методике представлены годовым / ежемесячным энергопотреблением СКВ, обслуживающей помещение и продолжительностью периодов тепло-, холодо- и электропотребления, которые незначительно отличаются от расчета, смоделированного на компьютере.

Таким образом методика допускает применение с целью:

1) определения энергетических характеристик вновь проектируемых, реконструируемых и существующих зданий;

- 2) сравнения энергетических показателей вариативных инженерных решений для проектируемого здания;
- 3) оценки эффективности проводимых энергосберегающих мероприятий в существующих зданиях;
- 4) прогнозирования потребности в ресурсах типовых зданий-представителей гражданского строительства.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарность моему наставнику в науке Малявиной Елене Георгиевне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Н.А. Моделирование энергопотребления зданий — краеугольный камень зелёного проектирования для инженеров // Энергосбережение. 2014. №4. С. 28-33.
2. Сотников А.Г. Годовые расходы теплоты, холода и влаги в СКВ и СВ зданий: основы теории и примеры расчетов // Теплоэнергоэффективные технологии. 2012. №3-4. С. 26 – 38.
3. Гагарин В.Г. Методика оценки экономической эффективности повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций // Журнал «Окна и двери». 2012. № 1 (157). С. 36-37.
4. Малявина Е.Г., Крючкова О.Ю., Козлов В.В. Сравнение моделей климата для расчетов энергопотребления центральными системами кондиционирования воздуха // Жилищное строительство. 2014. № 6. С. 24–26.
5. Самарин О.Д. Вероятностно-статистический выбор массивов представительных климатических данных // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 98–105.
6. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха // С-Пб.: Издательство «АВОК Северо-Запад». 2003. 271 с.
7. Гагарин В.Г., Крючкова О.Ю., Малявина Е.Г. Методика расчета годовых затрат энергии и воды системами кондиционирования воздуха. // В кн. Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2012 году. Сборник научных трудов РААСН. ВолгГАСУ. 2013. С. 504-507.
8. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в здания // М.: Евроклимат. 2006. 640 с.
9. Крючкова О.Ю. Инженерная методика расчета годовых затрат энергии и воды центральными установками кондиционирования воздуха [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ (электронный журнал). Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). Режим доступа: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Kryuchkova-2013_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Kryuchkova-2013_4(29).pdf). Дата обращения: 13.10.20.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, РАБОТАЮЩЕЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА НЕПОЛНЫЕ СУТКИ

Е.Г. Малявина¹, А.Г. Ломакин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹emal@list.ru

²lex_lomakin@mail.ru

Аннотация

Расчет максимальной нагрузки на аппараты охлаждения систем кондиционирования воздуха важен, так как нагрузка определяет установочную мощность кондиционера. Из теории теплоустойчивости известно, что, чем выше внутренняя теплоустойчивость помещения, тем в большей степени срезаются пики лучистой нагрузки, так как тяжелые строительные материалы, образующие внутреннюю отделку помещения, легче отводят теплоту внутрь ограждающей конструкции, поступающую на ее поверхность. Кроме того, максимальная нагрузка на аппараты охлаждения помещений, функционирующих неполные сутки, зависит от степени перегрева помещения до начала рабочего дня. При легкой внутренней отделке помещения, поступающая на внутренние поверхности ограждений теплота плохо отводится вглубь ограждающей конструкции, а повышает ее температуру. Были выполнены расчеты суточного периодического нестационарного теплового режима помещений методом конечных разностей в декартовых координатах по неявной схеме. Расчету подвергнуты помещения с разной внутренней теплоустойчивостью, окна которых обращены на одну из сторон света: восток или запад. Выполненные расчеты показали целесообразность выполнения тяжелой отделки для помещений с высокой долей лучистых теплопоступлений.

Ключевые слова. Теплоустойчивость помещения, теплопоступления помещения, перегрев помещения перед началом рабочего дня, нагрузка на системы кондиционирования воздуха

ВВЕДЕНИЕ

Определение максимальной нагрузки на систему кондиционирования воздуха в теплый период года, и как следствие, установленной мощности аппаратов охлаждения приточного воздуха в кондиционере, является важной задачей, так как именно она влияет как на экономические показатели системы кондиционирования воздуха, так и на качество поддержания заданных параметров в помещении [1 – 3].

При проектировании принято определять холодильную нагрузку как суммарные теплопоступления в помещение в течении рабочего дня в расчетные сутки [4, 5]. Однако, стоит отметить, что при некруглосуточной работе кондиционера, использовании его только в рабочие часы, или включении несколько заранее максимальная нагрузка может формироваться за счет накопленной теплоты, поступающей и аккумулированной в помещении до начала рабочего дня, что никак не учитывается в инженерных расчетах при проектировании.

Также не учитывается и внутренняя теплоустойчивость помещения, хотя она играет немаловажную роль при оценке максимальной нагрузки [10 – 18]. Проявляет она себя, например тем, что нагрузка на конвективную систему охлаждения, направленную на ассимиляцию лучистых тепловых потоков, уменьшается с увеличением внутренней теплоустойчивости помещения. [10, 13, 14, 15, 16] Также и теплота, ассимилируемая в помещении при отключенной системе кондиционирования воздуха, повышает температуру самого помещения тем сильнее, чем ниже значения теплоустойчивости. [18].

Целью предлагаемой статьи является расчетная оценка влияния внутренней теплоустойчивости помещения на формирование нагрузки системы кондиционирования воздуха, работающей в теплый период года неполные сутки.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В расчете взяты три помещения с размерами 4,5 м x 4,5 м x 3,5 м и с окном 2,0 м x 2,0 м в одной наружной стене. Общая площадь внутренней поверхности ограждающих конструкций равна $\sum A_i = 103,5 \text{ м}^2$. Помещения отличаются показателями внутренней теплоустойчивости за счет различной внутренней отделки помещений:

- с высокой теплоустойчивостью – стены и перегородки выполнены из железобетона, потолок – железобетонная плита, пол – гипсовая плита по железобетонной плите;
- со средней теплоустойчивостью – на стене и перегородках учтена цементно-песчаная штукатурка, потолок – железобетонная плита, пол – линолеум по железобетонной плите;
- с низкой теплоустойчивостью – на стене и перегородках учтена перлитовая штукатурка, потолок – акмиграновая плитка по железобетонной плите, пол – ковролин по железобетонной плите.

Влияние внутренней теплоустойчивости помещения на формирование холодильной нагрузки оценивалось расчетным путем - методом конечных разностей в декартовых координатах по неявной схеме. Расчет нестационарного теплового режима помещений выполнялся с шагом по времени 15 мин. Внутренние тепlopоступления в помещение при расчете не учитывались. Кондиционер включался за 30 мин. до начала рабочего дня, а температура внутреннего воздуха в рабочее время поддерживалась в пределах $21,5 \text{ °C} - 22,7 \text{ °C}$.

Для оценки внутренней теплоустойчивости каждого помещения был определен их показатель теплоусвоения. Так для помещения с высокой теплоустойчивостью он равен $Y_n = 1939 \text{ Вт/°C}$, со средней $Y_n = 1137 \text{ Вт/°C}$, и с низкой $Y_n = 294 \text{ Вт/°C}$.

Из теории теплоустойчивости [12, 13] известно, что величина лучистого потока теплоты гармонически изменяющего температуру воздуха превышает величину стабилизирующего его конвективного потока в α_z раз. Показатель α_z назван [18] коэффициентом ассимиляции лучистых потоков. Он равен:

$$\alpha_z = \frac{1}{1 + Y_n / \sum_{i=1}^I (\alpha_{k,i} \cdot A_i)} \quad (1)$$

где Y_n – показатель теплоусвоения помещения, Вт/°C;

α_k - коэффициент конвективной теплоотдачи каждой поверхности, обращенной в помещение;

i - порядковый номер внутренней поверхности ограждающей конструкции;

I - число поверхностей внутренних ограждающих конструкций, обращенных в помещение;

A_i – площадь i -той внутренней поверхности ограждения.

Из формулы (1) видно что, чем выше внутренняя теплоустойчивость помещения (показатель теплоусвоения помещения Y_n), тем ниже значения коэффициента α_z . Отсюда следует, что более энергоэффективным и выгодным решением для понижения температуры помещения при преимущественно лучистых тепlopоступлениях, будет применение конвективной системы кондиционирования воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА И ИХ АНАЛИЗ

В результате расчета были определены значения тепловых потоков и температур в исследуемых помещениях при их ориентации на восток и на запад, которые отображены

соответственно на рисунках 1 и 2. Были также рассчитаны суммы тепlopоступлений и подачи холода в течение суток и за рабочее время, которые отражены в таблице 1. Важно заметить, что, независимо от ориентации помещений, суточные суммы тепlopоступлений от солнечной радиации в них равны. Однако, именно от ориентации зависит на какое время приходится максимум тепlopоступлений от солнечной радиации. Так, для восточной ориентации максимум наблюдается утром в нерабочее время, а для западной же в рабочее время, примерно в 17 часов. Этим и объясняется то, что сумма подачи холода для помещения с западной ориентацией превышает на 30-40 % этот же показатель для восточной.

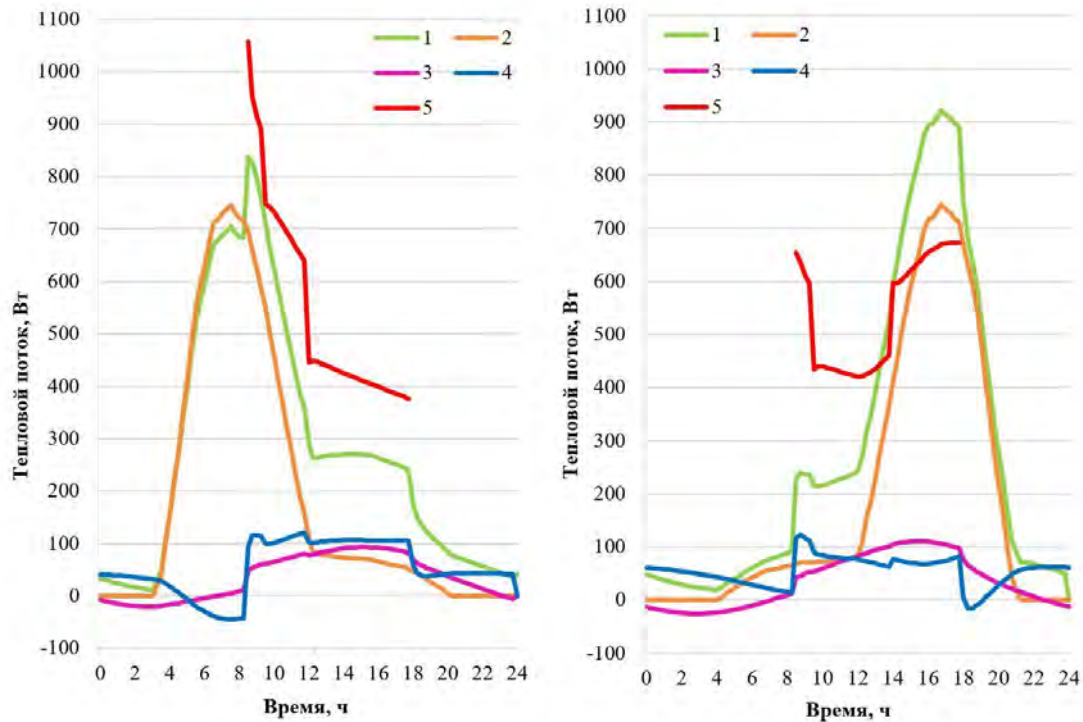


Рис. 1. График суточного распределения тепловых потоков, Вт, в помещениях с низкой теплоустойчивостью а) восточной ориентации; б) западной ориентации:

- 1 – суммарные тепlopоступления в помещение,
- 2 – тепlopоступления солнечной радиации поступающей в помещение через окно,
- 3 – тепlopоступления за счет теплопередачи через окно,
- 4 – тепlopоступления за счет теплопередачи через наружную стену,
- 5 – поток холода, ассимилирующий теплоизбытки в помещении.

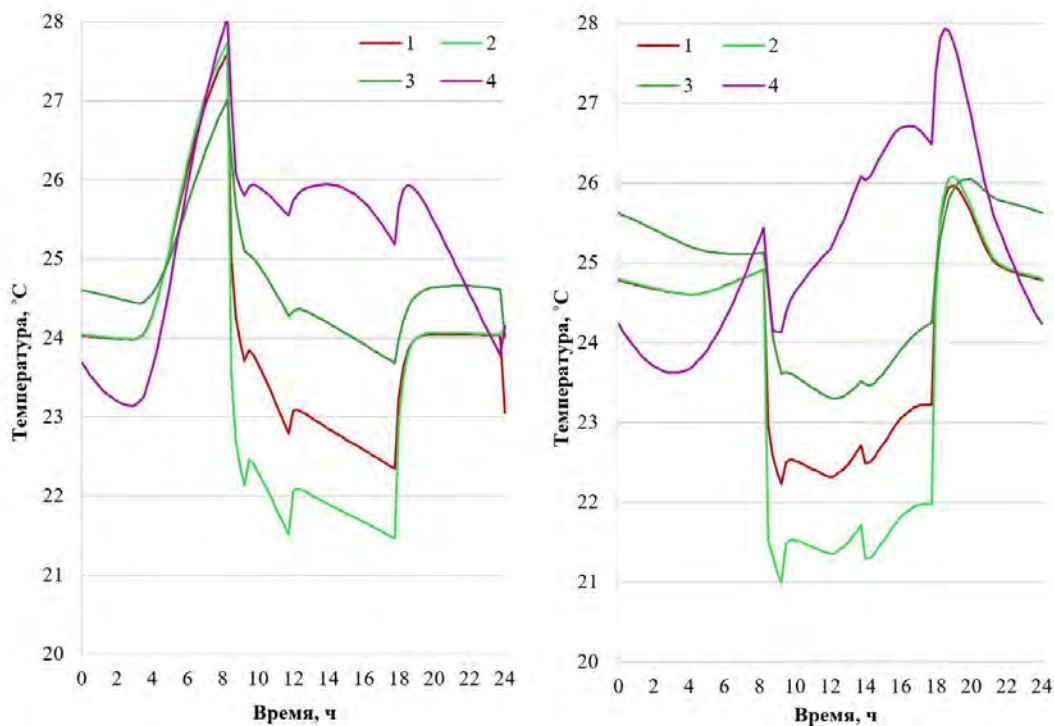


Рис. 2. График суточного распределения температур, °С, в помещении а) восточной ориентации; б) западной ориентации: 1 – результирующая температура помещения, 2 – температура воздуха помещения, 3 – температура внутренней поверхности наружной стены, 4 – температура внутренней поверхности окна

Таблица 1. Суточные суммы теплопоступлений в помещение и максимальные нагрузки на охлаждающие аппараты кондиционеров

Ориентация помещения по сторонам света	Внутренняя теплоустойчивость помещения	Сумма теплопоступлений, Вт·ч					Сумма подач и холода Вт·ч	Нагрузка, Вт	
		суточная всего	суточная через окно	суточная через стену	суточная я солнечной радиации	рабочий день всего		проектная	реальная
восток	высокая	6843,5	1003,7	1271,9	4567,9	3420,3	2781,4	786,9	339,1
	средняя	6808,9	955,1	1285,9	4567,9	3439,2	3263,2	792,8	401,9
	низкая	6712,7	842,2	1302,6	4567,9	3702,3	5180,4	837,0	1056,4
запад	высокая	6848,9	1008,5	1272,6	4567,9	4785,6	2755,3	919,7	331,2
	средняя	6846,9	981,2	1297,8	4567,9	4815,6	3272,3	921,2	372,5
	низкая	6721,8	841,6	1312,3	4567,9	4840,6	5147,2	922,4	673,2

Сравнивая значения проектной и реальной холодильных мощностей, видно, что при легкой отделке мощность кондиционера приближается или даже превосходит проектную мощность. Легкая отделка препятствует проникновению теплоты вглубь ограждающей конструкции, что, по формуле (1), является причиной практического отсутствия снижения нагрузки при трансформации потоков теплоты. По этой причине использование легкой отделки в помещениях с преобладанием лучистых тепловых потоков над конвективными, считается нецелесообразным. Сравнение этих мощностей для помещений со средней и высокой теплоустойчивостью подтверждает значительное влияние внутренней теплоустойчивости помещения на снижение реальной холодильной нагрузки, что не учитывается при проектировании.

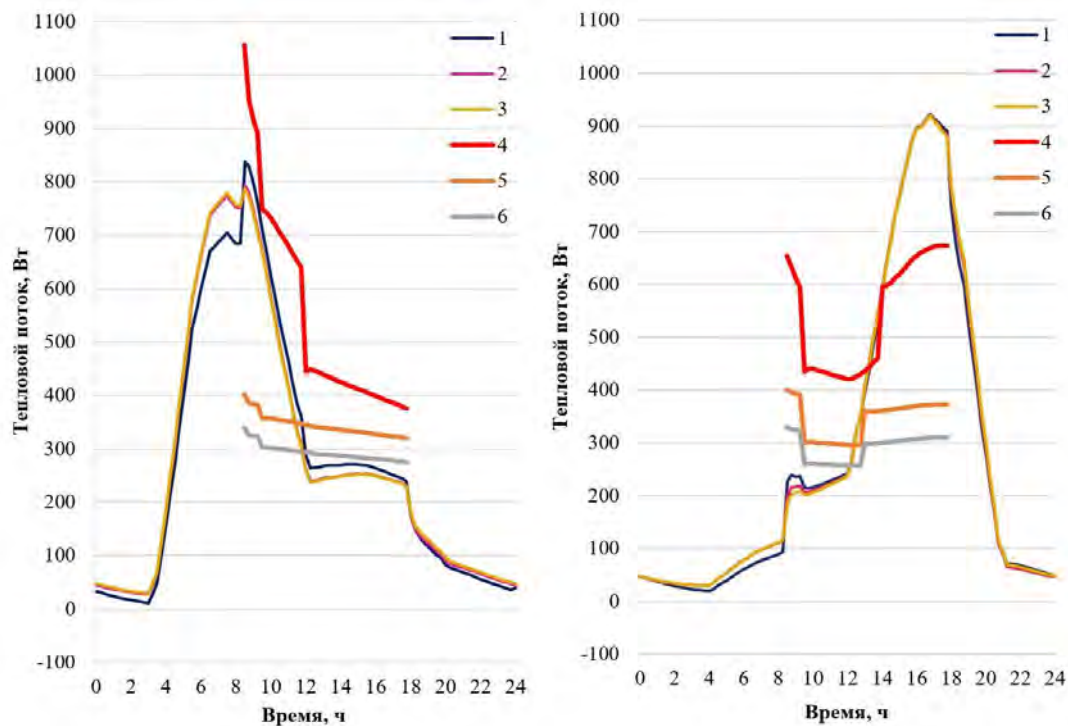


Рис. 3. Сравнение суточного хода тепловых потоков в помещениях с различной теплоустойчивостью а) восточной ориентации; б) западной ориентации: 1, 2, 3 – суммарные тепlopоступления в помещение, 4, 5, 6 – потоки холода, ассимилирующего тепlopизбытки в помещениях 1, 4 – с низкой теплоустойчивостью, 2, 5 – со средней теплоустойчивостью, 3, 6 – с высокой теплоустойчивостью.

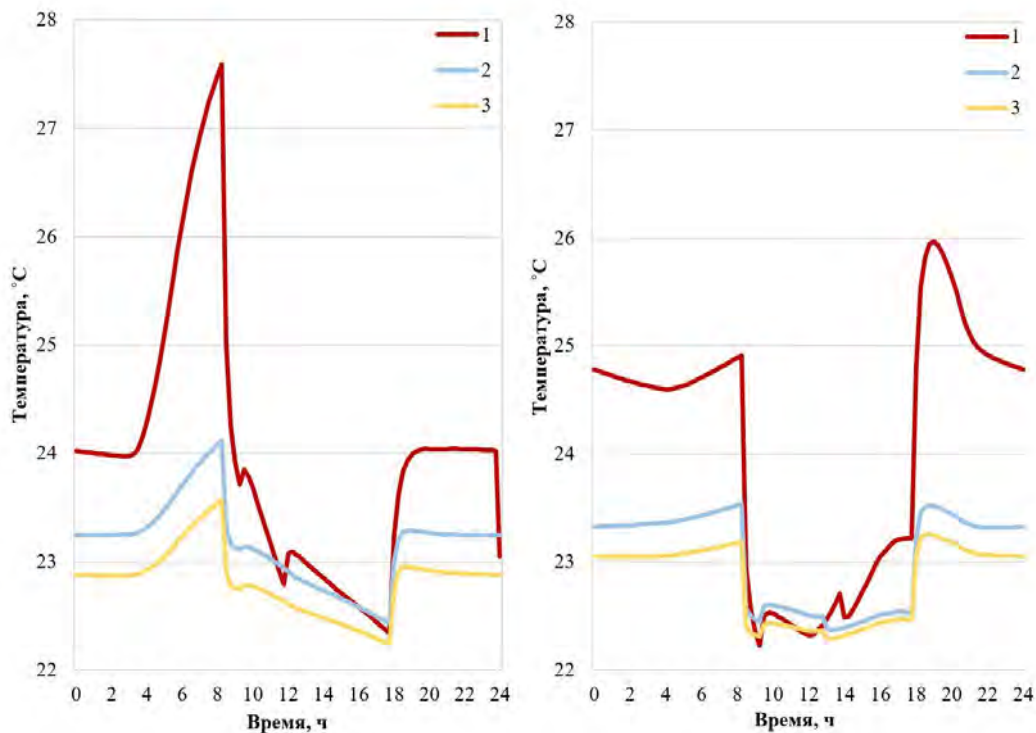


Рис. 4. Сравнение суточного хода результирующих температур, °С, в помещениях с различной теплоустойчивостью, а) восточной ориентации; б) западной ориентации: 1 – с низкой теплоустойчивостью, 2 – со средней теплоустойчивостью, 3 – с высокой теплоустойчивостью.

Аккумулированная до включения системы кондиционирования воздуха теплота приводит к «перегреву» помещения, увеличению как температур его поверхностей, так и

температуры внутреннего воздуха. При этом возрастает нагрузка на охлаждающие аппараты кондиционера для ассимиляции конвективных теплоизбытков. Расход требуемого количества охлаждаемого наружного воздуха определялся, исходя из ассимиляции теплопоступлений в помещение. В таблице 2 приведены значения расхода требуемого количества охлаждаемого наружного воздуха, который определялся, исходя из ассимиляции теплопоступлений в помещение. В таблице также отображено, что при схожей ориентации помещений сумма подачи холода в них минимальна для помещений с высокой внутренней теплоустойчивостью и увеличивается с ее снижением.

Таблица 2. Суммарные нагрузки на охлаждающие аппараты кондиционера за время его работы в сутки для охлаждения наружного воздуха

Ориентация помещения по сторонам света	Внутренняя теплоустойчивость помещения	Общая сумма подачи холода, Вт·ч	Сумма подачи холода на охлаждение до температуры внутреннего воздуха, Вт·ч
восток	высокая	7878,6	5097,3
	средняя	8965,3	5702,2
	низкая	16979,1	11798,7
запад	высокая	8353,3	5557,2
	средняя	10037,9	6724,9
	низкая	17055,5	11792,8

ВЫВОДЫ

1. При легкой отделке помещений, доля лучистых теплопоступлений в которых равна 0,787 и выше, имеющих средний по площади показатель теплоусвоения внутренней поверхности ограждающих конструкций помещения около $U_{\text{п}}/\sum A_i=294/103,5=2,84$ Вт/(°С·м²) и меньше, требуемая максимальная нагрузка на охлаждающие аппараты кондиционера близка к проектным оценкам или даже немного превосходит их.

2. Для помещений со средним по площади показателем теплоусвоения внутренней поверхности ограждающих конструкций помещения $U_{\text{п}}/\sum A_i=1137/103,5=11,0$ Вт/(°С·м²) и выше требуемая максимальная нагрузка на охлаждающие аппараты кондиционера ниже проектных значений. Так, для помещений ориентированных на восток доля реальной нагрузки от проектной составляет 0,51, а на запад – 0,4. При среднем показателе выше $U_{\text{п}}/\sum A_i=1939/103,5=18,7$ Вт/(°С·м²) эта доля равна: для помещений, ориентированных на восток – 0,43, на запад – 0,36.

3. Проведенное расчетное исследование показало, что в помещениях с преобладающей долей лучистых теплопоступлений более целесообразным и энергоэффективным решением является применение тяжелой отделки помещения.

4. В помещениях с высокой внутренней теплоустойчивостью сокращены нагрузки на аппараты охлаждения как при ассимиляции лучистой теплоты в течение рабочего времени, так и при формировании нагрузки за счет конвективной составляющей теплоты, накопленной до начала рабочего дня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубов Н.Х. Учет местных климатических факторов при расчете теплоустойчивости ограждающих конструкций. / Н.Х. Якубов, А. Гиясов // Вестник Таджикского технического университета. 2008. – Т.1, №1 – 1. – С. 74-77.
2. Бодров М.В., Зимин А.О. Методика расчёта теплоустойчивости помещений производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. СОК №1, 2017, с. 102 – 104.
3. Бодров М.В. Теплоустойчивость помещений сельскохозяйственных зданий // Известия КазГАСУ 2010, №1, С. 181 -185

4. Кочев А.Г. Исследование задач теплоустойчивости ограждающих конструкций православных храмов /А.Г.Кочев, А.С.Москаева, Е.А.Кочева, А.А. Мартынов // Современные наукоемкие технологии, 2015. - №8-10. – С. 36-40.
5. Malyavina E.G. Joint Calculation of the Non-Stationary Thermal Mode of a Building and its Water Heating System. Materials Science Forum «Materials and Technologies in Construction and Architecture». Vol. 931. pp. 905-909. 2018/ pp. 905-909.
6. Гагарина О.Г., Коркина Е.В. Оценка теплоустойчивости ограждающих конструкций и помещений зданий частотным методом. Строительство и реконструкция №3(71) 2017, С. 43-47.
7. Kendrick C. et al. Thermal mass in new build UK housing: A comparison of structural systems in a future weather scenario //Energy and buildings. – 2012. – Т. 48. – С. 40-49.
8. Ellerbrok C. Potentials of demand side management using heat pumps with building mass as a thermal storage //Energy Procedia. – 2014. – Т. 46. – С. 214-219.
9. Wang L. S. et al. A study of building envelope and thermal mass requirements for achieving thermal autonomy in an office building //Energy and Buildings. – 2014. – Т. 78. – С. 79-88.
10. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. – М – Л.: Госэнергоиздат. 1961.160 с.
11. Шкловер А.М. Теплоустойчивость зданий. – М.: Госстройиздат. 1952. 166 с.
12. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. – 3-е изд.–С-Пб.: изд-во «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД».2006.– 400 с.
13. Кувшинов Ю.Я. Развитие теории теплоустойчивости / Сб. трудов II съезда АВОК. Т. 1. 1992. С. 35-43.
14. Кувшинов Ю.Я. Энергосбережение в системах обеспечения микроклимата зданий. Монография. – М; Издательство АСВ. 2010. – 320 с.
15. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М: АВОК-ПРЕСС. 2002. 194 с.
16. Малявина Е.Г., Асатов Р.Р. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты // Academia (РААСН) 2010 №3. с. 324-327.
17. Малявина Е.Г. Теплоустойчивость помещения и типоразмер кондиционера // Стройпрофиль. 2005. №2. С. 60-62.
18. Малявина Е.Г. Зависимость нагрузки на воздушную систему охлаждения помещения от его теплоустойчивости. СОК № 12. 2015. С. 76 – 77.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Е.Г. Малявина¹, Фам Ван Лыонг²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ emal@list.ru

² luongpv@nuce.edu.vn

Аннотация

При проектировании систем кондиционирования воздуха в здании необходимо выбирать расчетные параметры наружного воздуха, отражающие климатическую ситуацию данной местности и отвечающие требованию обеспечения условия микроклимата в здании. В Российской Федерации в СП 131.13330.2012 для теплого периода года нормируются температура и энтальпия. В документе принят отдельный подход к требуемой обеспеченности для температуры и энтальпии наружного воздуха из многолетней выборки.

В США в качестве расчетных параметров наружного воздуха в тёплый период года для проектирования систем кондиционирования воздуха обществом ASHRAE предложены температуры по сухому и смоченному термометрам, более высокие значения которых занимают 0,4; 1 и 2% времени года также отдельно в среднем многолетнем разрезе.

В нормативных документах Социалистической Республики Вьетнам TCVN 5687:2010 представлены расчетные значения температуры и энтальпии наружного воздуха, полученные обработкой многолетних исходных данных по методике, направленной на получение совместной обеспеченности обоих параметров температуры и энтальпии.

Однако, все эти методы не учитывают возможности превышения расчетных параметров в отдельные жаркие годы.

Ключевые слова. Климатологические данные, обеспеченность параметров наружного воздуха, температура, энтальпия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время выбор расчетных параметров наружного воздуха для системы кондиционирования воздуха в теплый период года в различных странах мира разнообразен. Существует множество школ с различными методами выбора расчетных значений параметров, в том числе в Российской Федерации, США и СР Вьетнам [1-3].

Расчетные параметры наружного воздуха для систем кондиционирования воздуха в Москве и Ханое по стандартам Российской Федерации, США и Вьетнама не совпадают [4-7].

В Российской Федерации в соответствии со стандартом СП 131.13330.2012 - Строительная климатология принимаются климатические данные по наблюдениям за восемь сроков за период 1966 - 2010 гг. Расчетные параметры наружного воздуха для систем кондиционирования в Москве приведены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные параметры для кондиционирования воздуха

Барометрическое давление, гПа	Параметры А			Параметры Б		
	температура воздуха, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	скорость ветра, м/с	температура воздуха, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	скорость ветра, м/с
997	23	48,4 - 52,6	1,0	26	52,6 – 56,8	1,0

В США, расчетные параметры наружного воздуха для проектирования систем кондиционирования были предложены ASHRAE и обновлены в 2017 году. В стандарте для теплого периода года расчётными температурами по сухому и мокрому термометрам

являются те величины, более высокие значения которых занимают 0,4; 1 и 2% времени года. Данные предусмотрены для мест, для которых были доступны почасовые наблюдения (1990–2014 гг. для большинства станций в США и Канады). Расчетные параметры наружного воздуха для систем кондиционирования в Москве и Ханое приведены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные значения температуры, °С, по сухому t и мокрому t_m термометрам, а также средняя температура, °С, по мокрому термометру t_u , за время наблюдения указанной температуры по сухому термометру и средняя температура, °С, по сухому термометру t_c , за время наблюдения указанной температуры по мокрому термометру

Район	При сухом охлаждении, °С						При охлаждении с осушением, °С			
	0,4%		1,0%		2,0%		0,4%		1,0%	
	t	t_u	t	t_u	t	t_u	t_m	t_c	t_m	t_c
Москва	29,7	20,9	27,8	20,1	25,9	19,1	22,0	28,1	20,9	26,2
Ханой	36,0	27,4	34,9	27,5	34,0	27,4	29,3	32,7	28,8	32,2

Расчетный метод Вьетнама отражен в стандарте TCVN 5687:2010. Расчетные параметры наружного воздуха делятся на три уровня: *I*, *II* и *III*. Уровень *I* с количеством часов необеспеченности $m = 35$ ч/год соответствует коэффициенту обеспеченности по времени превышения параметров за многолетний период $K_{об} = 0,996$ и применяется для систем кондиционирования воздуха в зданиях с высокими требованиями к микроклимату помещений. Уровень *II* с количеством часов необеспеченности $m = 150 - 200$ ч/год соответствует коэффициенту $K_{об} = 0,983 - 0,977$ для систем кондиционирования воздуха, обеспечивающих тепловой комфорт и технологические условия в массовых зданиях, таких как офисы, магазины, учреждения культуры и промышленные. Уровень *III* с количеством часов необеспеченности $m = 350 - 400$ ч/год соответствует коэффициенту $K_{об} = 0,960 - 0,954$ для систем кондиционирования воздуха в промышленных зданиях, которые не требуют поддержания заданной влажности, но, когда внутренние параметры не могут быть достигнуты с помощью естественной вентиляции или искусственной вентиляции без тепловлажностной обработки.

Расчетные параметры наружного воздуха стандарта TCVN 5687:2010 для систем кондиционирования в Ханое приведены в таблице 3 по почасовым метеоданным за период 20 лет с 1971 по 1990 гг.

Таблица 3. Расчетные энтальпия I , кДж/кг, температура t , °С, относительная влажность ϕ , %, температура мокрого термометра t_u , °С, атмосферное давление P_6 , Па, наружного воздуха при времени превышения m , ч/год, соответствующего коэффициенту обеспеченности $K_{об}$ в среднем за многолетний период

m , ч/год	$K_{об}$	I , кДж/кг	t , °С	ϕ , %	t_u , °С	P_6 , Па
35	0,996	95,53	37,8	53,4	29,1	1004,2
100	0,989	92,73	36,7	54,8	28,5	
200	0,977	90,63	36,1	55,1	28,1	
400	0,954	88,39	35,1	57,2	27,6	
500	0,943	87,58	34,8	57,5	27,4	

Сравнение расчетных параметров наружного воздуха в теплый период года по указанным стандартам РФ, США и СРВ для Москвы и Ханоя приведено в таблице 4. Обращает на себя внимание, что в методике США приняты более высокие обеспеченности параметров наружного воздуха, чем в РФ.

Таблица 4. Сравнение расчетных параметров наружного воздуха в теплый период года

Коэффициент необеспеченности K_{bd}	m , ч/год	РФ		США		СРВ	
		t , °C	I , кДж/кг	t , °C	I , кДж/кг	t , °C	I , кДж/кг
Ханой							
0,4%	35	-	-	36,0	96,74	37,8	95,53
1,0%	88	-	-	34,9	94,22	36,6	93,35
2,0%	175	-	-	34,0	-	36,2	91,03
2,5%	219					36,0	90,15
4,0%	350					35,4	88,89
5,0%	440	-	-	-	-	35,0	88,05
Москва							
0,4%	35	-	-	29,7	64,89	-	-
1,0%	88	-	-	27,8	60,90	-	-
2,0%	175	26,0	52,6-56,8	25,9	-	-	-
2,5%	219						
4,0%	350						
5,0%	440	23,0	48,4-52,6	-	-	-	-

График, показывающий рассчитанные значения параметров наружного воздуха в соответствии со стандартами, приведен на рисунке 1.

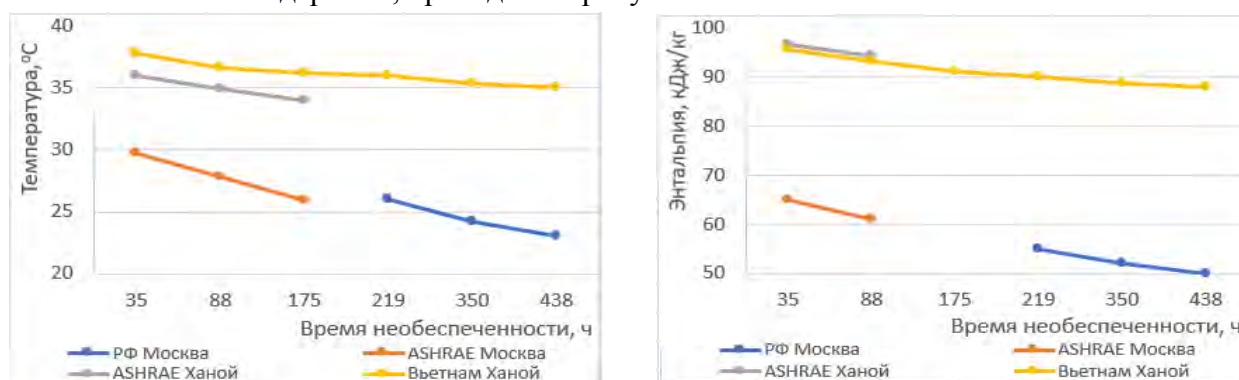


Рис. 1. Значения расчетных параметров наружного воздуха по различным стандартам

Российская и американская методики имеют практически одинаковый методический подход к обработке метеорологических данных, но разные требования к обеспеченности расчетных параметров наружного воздуха. Результаты по вьетнамскому методу дают более высокие значения температуры. В США и в СРВ применяются более жесткие требования к расчетным условиям, например, период необеспеченности 0,4% и 1,0% от года в российском стандарте не применяются. Напротив, в стандарте США период необеспеченности 2,0% и 5,0% в стандарте не содержатся.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для более корректного сравнения методов необходимо иметь унифицированный набор данных. Были использованы климатические данные со станции ВДНХ, Москва, Российская Федерация, за период 1984-2011 гг., и со станции Ланг, Ханой, СР Вьетнам, за период 1985-2014 гг. Обработаны почасовые климатические данные.

Одни и те же данные с метеостанций ВДНХ для Москвы и Ланг для Ханоя обработаны по указанным выше национальным методам. Климатологические данные обработаны в соответствии с необеспеченностью 0,4, 1,0, 2,0, 2,5, 4,0, 5,0 %, (что соответствует количеству часов превышения параметров 35, 88, 175, 219, 350, 438. ч/год).

Результаты, полученные по российской методике, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Расчетные температура и энтальпия наружного воздуха по методике РФ

Необеспеченность	0,4%		1,0%		2,0%		2,5%		4,0%		5,0%	
	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг
Москва	29,5	60,64	27,6	57,55	25,8	54,53	25,2	53,43	23,7	50,77	22,9	49,35
Ханой	35,9	94,17	34,9	92,33	34,0	90,75	33,6	90,18	32,9	88,83	32,5	88,13

Метод расчета ASHRAE обрабатывает климатические данные в соответствии с показаниями сухого и мокрого термометрами независимо. Кроме того, определены средние температуры по мокрому термометру и средние температуры по сухому термометру. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты обработки климатических данных по методике ASHRAE

Необеспеченность	0,4%		1,0%		2,0%		2,5%		4,0%		5,0%	
	При сухом охлаждении, °C											
Параметр	t	t _u	t	t _u	t	t _u	t	t _u	t	t _u	t	t _u
Москва	29,5	19,6	27,6	19,5	25,8	18,0	25,2	17,5	23,7	17,1	22,9	16,3
Ханой	35,9	27,7	34,9	27,6	34,0	27,4	33,6	27,7	32,9	27,2	32,5	26,6
При охлаждении с осушением, °C												
Параметр	t _M	t _C	t _M	t _C	t _M	t _C	t _M	t _C	t _M	t _C	t _M	t _C
Москва	20,7	27,1	19,8	25,4	18,9	24,8	18,6	23,2	17,7	22,4	17,3	21,7
Ханой	28,7	33,1	28,4	31,8	28,1	32,4	27,9	32,2	27,6	31,5	27,6	31,5

Так как вьетнамский метод обработки климатических данных рассматривает расчетные параметры по совместной обеспеченности обоих параметров, коэффициент обеспеченности отражает обеспеченность сочетания температуры и энтальпии наружного воздуха [4, 6, 7]. Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты обработки климатических данных по методике CPB

Необеспеченность	0,4%		1,0%		2,0%		2,5%		4,0%		5,0%	
	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг	t, °C	I, кДж/кг
Москва	33,7	61,02	32,8	57,80	31,0	54,95	30,5	53,95	28,2	52,02	27,5	50,75
Ханой	37,8	94,40	37,3	92,52	36,8	90,94	36,6	90,39	36,3	89,03	36,1	88,33

Все три упомянутых выше метода обработки климатических данных рассчитаны на среднее значение за весь период исследования (около 30 лет). Однако текущая тенденция изменения климата отличается ежегодным повышением температуры и появлением все более и более экстремальных климатических лет. Например, в 2010 году в Москве в ряде офисных зданий системы кондиционирования воздуха не справлялись с поддержанием заданных условий в помещениях. Поэтому целесообразно рассмотреть подход к обработке климатических данных по методу от года к году, как показано в [8]. То есть расчетные значения параметров, близкие к экстремальным с определенным числом часов m необеспеченности в год, выбираются не из многолетнего массива данных, а из данных отдельных лет с определенной обеспеченностью от года к году. Выборка из самых жарких 10

лет с указанием значений температуры (таблица 8) и энтальпии (таблица 9), превышение которых указано в верхних строках таблиц, представлена для Москвы и Ханоя. Из представленных в таблицах данных построены функции распределения температуры и энтальпии наружного воздуха для обеспеченностей от года к году 0,98 и 0,92, которые представлены на рисунке 2. При этом предполагается, что уровень обеспеченности 0,98 предназначен для проектирования зданий с высокими требованиями к поддержанию микроклимата в помещениях, а уровень обеспеченности 0,92 – для основной массы зданий.

Таблица 8. Максимальная за год температура наружного воздуха, °С

Годы	Время необеспеченности t в году, ч					
	0	35	50	100	200	400
Москва						
2010	37,9	36,8	36,6	35,9	34,8	33,6
1996	34,2	32,0	31,0	30,2	27,0	26,0
2007	33,5	32,6	32,4	31,5	30,2	26,8
2011	33,3	31,2	31,0	30,4	29,7	28,6
1988	33,1	31,4	31,1	30,4	29,4	26,7
1998	33,0	31,3	31,1	29,6	28,1	26,8
1999	32,8	31,8	31,1	30,6	29,8	28,0
2008	32,6	30,2	29,6	28,2	26,4	24,9
2001	32,5	31,6	31,1	30,2	28,8	26,9
2002	32,3	31,4	31,1	30,7	29,6	28,4
Средняя за 28 лет	31,3	29,7	29,4	28,6	27,5	25,9
Ханой						
2009	40,2	37,4	37,2	36,9	36,5	36,0
2010	39,7	38,8	38,6	38,2	37,4	36,6
1998	39,2	38,2	38,0	37,6	37,0	36,4
2003	39,2	37,7	37,5	37,1	36,7	36,2
1987	39,1	37,7	37,5	37,0	36,4	34,8
1988	39,1	36,9	36,7	36,4	35,6	35,0
2013	39,0	37,5	37,3	36,7	36,3	34,5
2011	38,7	37,1	37,0	35,8	35,4	34,8
2004	38,6	37,6	37,4	36,8	36,2	35,2
2012	38,6	37,7	37,5	37,1	36,5	35,9
Средняя за 30 лет	38,1	36,8	36,6	36,1	35,6	34,8

Таблица 9. Максимальная за год энтальпия наружного воздуха, кДж/кг

Годы	Время необеспеченности t в году, ч					
	0	35	50	100	200	400
Москва						
2001	78,5	66,2	65,9	63,0	59,4	54,4
2010	75,2	65,5	64,8	63,6	61,3	58,4

2007	72,1	63,9	62,8	60,3	57,1	53,6
1996	70,9	64,3	61,9	56,4	51,7	47,5
2008	69,0	63,8	62,7	59,4	56,0	51,1
1991	68,5	62,7	61,1	57,6	54,6	49,9
2011	68,5	62,2	61,2	59,2	56,7	54,1
1995	68,5	56,7	55,9	53,9	51,8	49,1
1990	67,1	58,0	57,4	51,7	48,6	44,8
2004	66,2	62,1	60,7	58,5	55,7	51,7
Средняя за 28 лет	65,8	59,9	58,9	56,5	53,7	49,9
Ханой						
2004	106,6	95,0	94,6	93,1	91,0	87,9
1999	105,2	93,8	92,7	91,0	89,4	87,7
2007	104,8	93,6	93,2	92,0	90,2	88,2
2013	103,5	95,9	94,8	93,2	91,7	89,6
2009	102,6	95,0	94,5	93,1	91,6	89,6
1998	102,6	95,9	95,0	93,6	92,3	90,3
2014	102,6	96,7	96,4	95,6	94,2	92,2
2010	102,5	97,2	96,6	95,1	93,4	91,5
1987	101,8	95,7	95,0	93,6	91,8	89,6
1988	101,7	95,5	94,5	92,9	91,5	89,6
Средняя за 30 лет	100,1	94,2	93,5	92,1	90,6	88,6

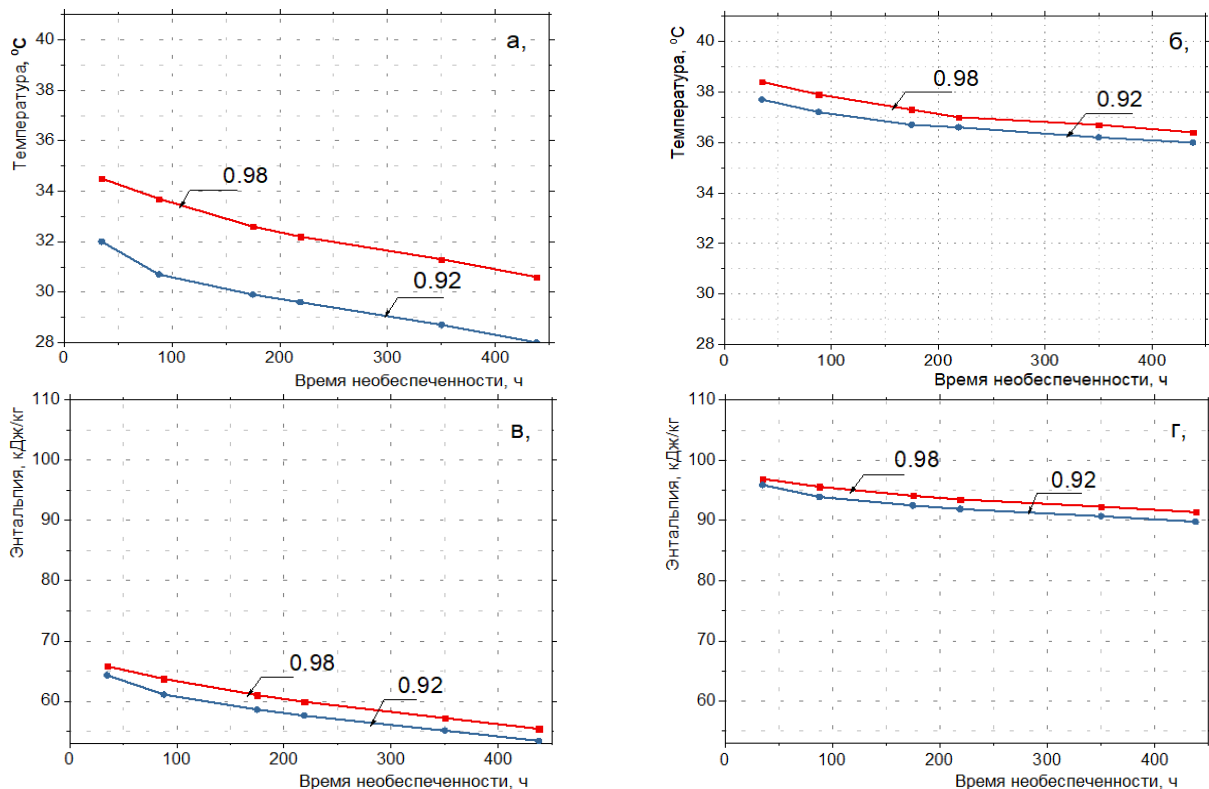


Рис. 2. Функции распределения параметров по продолжительности превышения ее значений в году для различной обеспеченности от года к году:
а) температуры в Москве; б) температуры в Ханое;
в) энтальпии в Москве; г) энтальпии в Ханое

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для сравнения результатов обработки параметров наружного воздуха по различным методам, они сведены в таблицу 10.

Таблица 10. Сравнение расчетных параметров наружного воздуха в теплый период года

Коэффициент необеспеченности K_{bd}	t , ч/год	РФ		США		СРВ		От года к году			
		t , °C	I , кДж/кг	t , °C	I , кДж/кг	t , °C	I , кДж/кг	$K_{об}=0,98$		$K_{об}=0,98$	
								t , °C	I , кДж/кг	t , °C	I , кДж/кг
Ханой											
0,4%	35	35,9	94,17	35,9	93,72	37,8	94,40	38,4	96,90	37,7	95,90
1,0%	88	34,9	92,33	34,9	92,24	37,3	92,52	37,9	95,60	37,2	93,90
2,0%	175	34,0	90,75	34,0	90,78	36,8	90,94	37,3	94,10	36,7	92,50
2,5%	219	33,6	90,18	33,6	89,82	36,6	90,39	37,0	93,50	36,6	91,90
4,0%	350	32,9	88,83	32,9	88,39	36,3	89,03	36,7	92,30	36,2	90,70
5,0%	440	32,5	88,13	32,5	88,39	36,1	88,33	36,4	91,40	36,0	89,80
Москва											
0,4%	35	29,5	60,64	29,5	60,19	33,7	61,02	34,5	65,80	32,0	64,30
1,0%	88	27,6	57,55	27,6	57,08	32,8	57,80	33,7	63,70	30,7	61,10
2,0%	175	25,8	54,53	25,8	54,08	31,0	54,95	32,6	61,00	29,9	58,60
2,5%	219	25,2	53,43	25,2	53,11	30,5	53,95	32,2	59,90	29,6	57,60
4,0%	350	23,7	50,77	23,7	50,25	28,2	52,02	31,3	57,20	28,7	55,10
5,0%	440	22,9	49,35	22,9	49,01	27,5	50,75	30,6	55,40	28,0	53,40

На рисунке 3 показано сравнение расчетных температур, а на рисунке 4 энтальпий для Москвы и Ханоя.

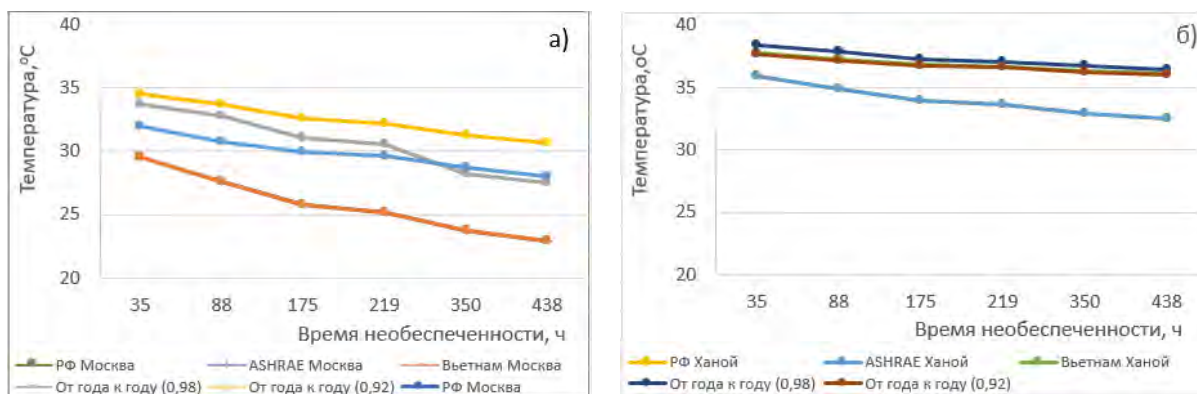


Рис.3. Сравнение расчетных значений температуры, полученных различными методами а) для Москвы б) для Ханоя

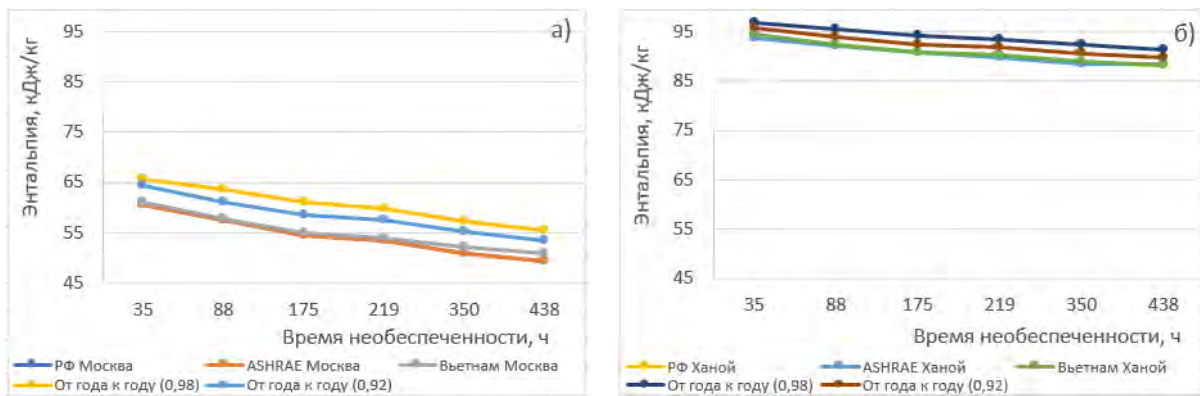


Рис. 4. Сравнение расчетных значений энтальпии, полученных различными методами а) для Москвы б) для Ханоя

Что касается методик РФ и США, то результаты обработки климатических данных немного отличаются. Для вьетнамского метода расчетное значение температуры значительно выше, так как метод направлен на получение гарантированного коэффициента одновременно двух параметров: температуры и энтальпии наружного воздуха.

Методика обработки климатических данных по отдельной обеспеченности от года к году [8] дает самые высокие расчетные параметры наружного воздуха, поскольку учитывает годы с экстремальной погодой.

ВЫВОДЫ

Единые исходные данные позволяют получить сравнимые результаты обработки климатических данных. Методы обработки климатических данных Российской Федерации и США дают аналогичные результаты. Вьетнамский метод обработки климатических данных дает значительно более высокие значения температуры.

Использование результатов обработки климатических данных по отдельной обеспеченности от года к году позволит ограничить время необеспеченности параметров внутренней среды помещений в соответствии с текущей ситуацией изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализ. ред. СНиП 23-01-99*. — М.: Минрегионразвития РФ, 2012.
2. TCVN 5687.2010. Tiêu chuẩn quốc gia. Thông gió - điều hòa không khí. Tiêu chuẩn thiết kế - Hà Nội, 2010. [Вентиляция, кондиционирование воздуха. Стандарт проектирования СРВ - Ханой]. (на вьетнамском языке).
3. ASHRAE Handbook. Fundamentals - 2017. [Справочник ASHRAE - Основы 2017 г., Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха, Атланта, Джорджия, 2017, гл. 14] (на английском языке).
4. Trần Ngọc Chân. Điều hòa không khí. Nhà xuất bản xây dựng. - Hà Nội, 2002. [Чан Нгок Чан. Кондиционирование воздуха. Изд-во «Строительство». Ханой]. (на вьетнамском языке).
5. Joseph C. Lam, Sam C. M. Hui. Outdoor design conditions for HVAC system design and energy estimation for buildings in Hongkong. Energy and Buildings – 22, Hongkong, 1995. [Джозеф К. Лам, Сэм К. М. Хуэй. Наружные проектные условия для системы HVAC, проектирование и оценка энергопотребления зданиями в Гонконге. Энергия и строительство - 22, Гонконг, 1995] (на английском языке).
6. Малявина Е.Г., Фам Ван Лыонг. Выбор расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха по заданной обеспеченности // СОК журнал. 2017. №12 (192). С.74-76.
7. Малявина Е.Г., Фам Ван Лыонг. Предлагаемый подход к выбору расчетных параметров климата для теплого периода года // СОК журнал. 2019. №2. С.72-75.
8. Малявина Е.Г., Фам Ван Лыонг. Метод выбора расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха в теплый период года // АВОК журнал. 2018. № 3-2018. С. 60-64.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК РЕЗУЛЬТАТ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ

В.А. Орлов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, orlov950@yandex.ru

Аннотация

Приведены результаты гидравлических исследований по определению коэффициента удельного сопротивления для нескольких защитных покрытий, которые потенциально могут использоваться для ремонтно-восстановительных работ на ветхих напорных трубопроводах, позволяя обеспечить эффект энергосбережения при транспортировке воды. Приведены и проанализированы результаты автоматизированного расчета потенциала энергосбережения для конкретной задачи бестраншейной реконструкции старого стального трубопровода путем протаскивания в него полимерных труб по технологии серии *Swagelining*. Установлены диапазоны изменения внутреннего диаметра трубопровода после реновации, толщины стенки после операций сжатия-распрямления полимерной трубы, динамики изменения потерь напора, среднегодовой экономии электроэнергии на погонный метр и по всей длине трубопровода. Представлены результаты по характеру изменения потенциала энергосбережения от диаметра восстанавливаемого трубопровода.

Ключевые слова: трубопроводы, реконструкция, защитные покрытия, потенциал энергосбережения

ВВЕДЕНИЕ

Одним из элементов эффективного управления магистральными и распределительными трубопроводами систем городского водоснабжения является их оперативный ремонт как традиционными методами с раскопкой и заменой отдельных участков сетей, так и использованием бестраншейных технологий [1, 2]. Помимо восстановления физической целостности трубопроводной системы параллельно ставятся вопросы обеспечения санитарной надежности при авариях и побочных переходных процессах, к которым можно отнести прочистку и дезинфекцию труб, обеспечение оптимального гидродинамического режима работы сети [3]. Значительная роль отводится также вопросам энергосбережения при транспортировке воды [4, 5]. Эффект энергосбережения после ремонта может быть обеспечен использованием защитных покрытий из полимерных и композиционных материалов, которые наносятся на внутреннюю поверхность трубопроводов [6, 7]. В качестве ремонтных материалов могут применяться протаскиваемые в старые трубопроводы новые трубы меньшего поперечного сечения, а также гибкие полимерные рукава, обделки на базе неорганических и органических составов, которые наносятся на внутренние стенки труб [8, 9]. Перечисленные ремонтные материалы в большинстве случаев обеспечивают снижение коэффициента гидравлического трения и, тем самым, содействуют достижению эффекта энергосбережения [10]. Отсюда, цели и задачи исследователей, занимающихся вопросами энергосбережения в приложении к напорному трубопроводному транспорту жидкостей, сводятся к поиску и реализации на практике наиболее эффективных строительных технологий реконструкции и модернизации сетей, а также поиску строительных материалов с соответствующими гидравлическими характеристиками [11-12].

В качестве наиболее известных и значимых публикаций по данной тематике можно выделить следующие [13-15], где отражен комплекс вопросов по обоснованию выбора защитных покрытий и технологий их нанесения на трубопроводы.

Материалы настоящей статьи направлены на выявление потенциальных возможностей внутренних защитных покрытий в плане достижения энергосбережения в напорных трубопроводах транспорта питьевой воды и опираются на результаты экспериментальных и теоретических исследований и разработок за последние годы в НИУ МГСУ [16].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве методов исследований использовались аналитический и расчетный, которые базировались на результатах стендовых гидравлических экспериментов и их компьютерной обработки с помощью специально разработанных автоматизированных программ [16-18]. Основное внимание уделялось вопросам обеспечения эффекта энергосбережения после реконструкции напорных водопроводных сетей внутренними защитными покрытиями из различных материалов.

Расчет экономии электроэнергии (потенциала энергосбережения) при транспортировке воды по напорному трубопроводу, восстановленному альтернативными способами нанесения внутренних защитных покрытий, производится по следующей модифицированной формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_{1M} = [9,81Q^3(A_{стар.} - A_{нов.})/\eta_{нас. \text{устан}}]24 \cdot 365 \quad (1)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{1M}$ - потенциала энергосбережения, кВт·ч; 9,81 - ускорение свободного падения, м/с²; Q – расход подаваемой трубопроводом воды, м³/с; $\eta_{нас. \text{устан.}}$ – коэффициент полезного действия насосной установки; 24 – количество часов работы насоса в сутки, ч; 365 – количество дней в году; $A_{стар.}$, $A_{нов.}$ – соответственно эмпирические значения удельного сопротивления старого трубопровода и защитного покрытия (новой трубы)

Для использования формулы (1) при расчете эффекта энергосбережения необходимы сведения об универсальных эмпирических математических зависимостях удельного сопротивления A от диаметра d для каждого материала трубопровода (защитного покрытия), т.е. $A=f(d)$. В этих целях в лаборатории кафедры «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ были проведены комплексные гидравлические эксперименты на трубопроводах с разными защитными покрытиями, используемыми при реконструкции и модернизации участков старых трубопроводных сетей (рис. 1). Результаты экспериментов и их интерпретация представлены ниже.



Рис. 1. Общий вид гидравлического стенда с исследуемыми трубами в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ

В качестве исследуемых на гидравлическом стенде материалов трубопроводов, которые потенциально могут быть использованы для достижения эффекта энергосбережения, были представлены следующие (условным диаметром 100 мм):

- полиэтиленовая труба ПЭ 100 SDR 17 (110x6,6) по ГОСТ 18599-2001;
- полиэтиленовая труба ПЭ 80 SDR 17 (110x6,6) по ГОСТ 18599-2001;

- стеклопластиковая по ТУ 2296-002-05919802-03 «Трубы бипластмассовые и соединительные детали»;
- высокопрочный чугун с шаровидным графитом по ТУ 1461-037-50254094-2004 завода «Свободный Сокол»;
- стальная по ГОСТ 10704-91 труба с полимерным рукавом;
- стальная по ГОСТ 10704-91 труба с набрызгиваемым покрытием *Scotchkote 169 HB* ;
- стальная по ГОСТ 10704-91 труба с набрызгиваемым покрытием *Scotchkote Liner 2400*;
- стальная по ГОСТ 10704-91 труба с набрызгиваемым покрытием *Subcote FLP*.

В качестве сравнения приведен аналитический обзор каталожных характеристик стальных бесшовных труб отечественного производства 09Г2С по ГОСТ 10704-91.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании результатов стендовых гидравлических экспериментов на трубопроводах из различных материалов получены следующие эмпирические зависимости коэффициента удельного сопротивления A , $\text{с}^2/\text{м}^6$, в зависимости от диаметра трубопровода d , м (таблица 1).

Таблица 1. Эмпирические зависимости коэффициента удельного сопротивления от диаметра для защитных покрытий (труб) из различных материалов

Материал внутренней поверхности трубопровода	Эмпирическая зависимость $A=f(d)$
Полиэтилен ПЭ 100	$A_{\text{ПЭ 100}} = 0,0007d^{-5,1744}$
Полиэтилен ПЭ 80	$A_{\text{ПЭ 80}} = 0,0009d^{-5,2146}$
Стеклопластик	$A_{\text{стекл.}} = 0,0005d^{-5,3592}$
ВЧШГ	$A_{\text{ВЧШГ}} = 0,0006d^{-5,3081}$
Полимерный рукав	$A_{\text{пол. рук.}} = 0,0007d^{-5,2791}$
<i>Scotchkote 169 HB</i>	$A_{\text{Sct.169}} = 0,0008d^{-5,19}$
<i>Scotchkote Liner 2400</i>	$A_{\text{Sct.2400}} = 0,00095d^{-5,19}$
<i>Subcote FLP</i>	$A_{\text{Subc.}} = 0,0008d^{-5,1883}$
Сталь	$A_{\text{сталь}} = 0,0017d^{-5,1359}$

Используя представленные в таблице 1 зависимости и формулу (1) можно определить величину потенциала энергосбережения при транспортировке воды после проведения работ по реконструкции старого трубопровода соответствующими ремонтными материалами.

Ниже, в качестве примера представлен расчет потенциала энергосбережения \mathcal{E} на 1 м трубопровода в кВт·ч в год при использовании в качестве ремонтного материала для восстановления ветхих стальных трубопроводов полимерных труб (ПЭ 100 с SDR17). Предусматривается, что реконструкция стального трубопровода осуществляется по технологии *Swagelining*, которая заключается в протягивании в трубопровод плети полимерных труб идентичного диаметра после предварительных операций их термомеханического сжатия [14]. При такой технологии достигается наивысший эффект энергосбережения за счет плотного прижатия новой полимерной трубы после ее распрямления к внутренним стенкам старого стального трубопровода.

В качестве инструментария использована специально разработанная автоматизированная программа расчета [17]. Задаваясь стандартными диаметрами и соответствующим значением *SDR* (отношение диаметра к толщине стенки трубы), а также величиной расчетного расхода q и коэффициента полезного действия η насосной установки, производится автоматизированный расчет потенциала энергосбережения для диапазона диаметров 0,09 – 1,2 м и протяженностью трубопровода 1 и 1000 м.

Для наглядности изменения величины среднегодовой экономии электроэнергии на погонный метр трубопровода $\Delta\mathcal{E}_{1\text{м}}$ представлен график (рисунок 2), показывающий, что для

больших диаметров потенциал энергосбережения значительно выше, чем для малых диаметров трубопроводов.

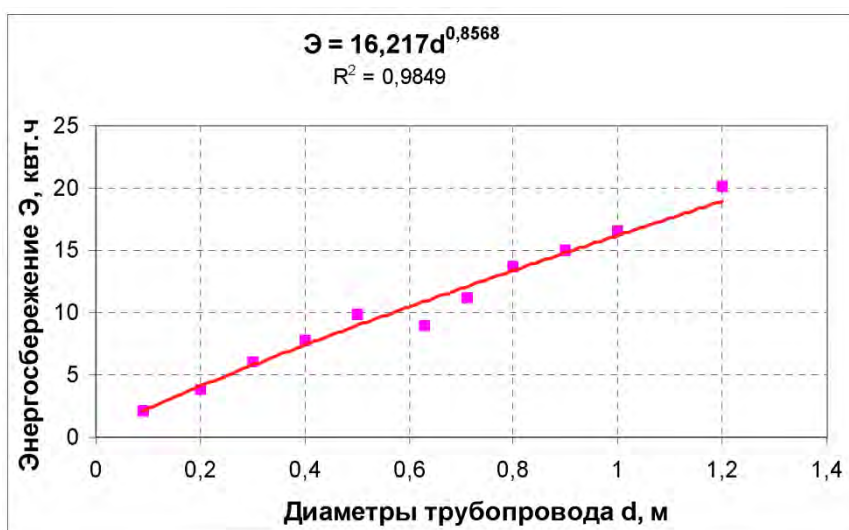


Рис. 2. Динамика изменения потенциала энергосбережения от диаметра Восстанавливаемого трубопровода при кпд насосной установки 0,95

Таким образом, для ориентировочных расчетов величины энергосбережения при реконструкции старых стальных трубопроводов по технологии *Swagelining* новыми полиэтиленовыми трубами ПЭ 100 SDR17 (при использовании соразмерных пар диаметров) можно использовать следующую формулу $\Delta\mathcal{E}_{1m} = 16,217d^{0,8568}$.

ВЫВОДЫ

1. Представлены полученные в ходе экспериментов эмпирические зависимости расчета коэффициента удельного сопротивления для различных защитных покрытий (труб).
2. Разработана методика определения потенциала энергосбережения для ветхих напорных трубопроводов, подвергнутых бестраншейной реконструкции альтернативными защитными покрытиями (трубами).
3. С использованием автоматизированной программы произведен расчет потенциала энергосбережения для массива пар диаметров в случае восстановления старого стального трубопровода полимерными трубами SDR 17 по технологии *Swagelining*.
4. Получена ориентировочная математическая зависимость изменения потенциала энергосбережения от диаметра восстанавливаемого трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отставнов А.А., Устюгов В.А., Дмитриев А.Н. К вопросу минимизации затрат на устройство и эксплуатацию подземных водопроводов. Журнал «Сантехника». 2006. № 9. с. 38-43
2. Kuliczowski A. Trwałość rozwiązań stosowanych w budowie i odnowie przewodów kanalizacyjnych. INSTAL, 2014. № 3. p. 54-56
3. Чистякова А.В., Чухин В.А. Диагностика технического состояния металлических трубопроводов. Журнал «Природообустройство». 2016. № 2. с. 48-54
4. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России. Журнал «Энергосбережение». 2009. № 1. с. 28-36
5. Поршнев В.Н., Новикова Л.В. Мероприятия по энергосбережению и снижению потерь воды в системах городского водоснабжения. Журнал «Энергосбережение». 2005. № 10. с. 78-84
6. Орлов В.А. Восстановление трубопроводов с помощью внутренних защитных покрытий. Журнал «Промышленное и гражданское строительство». 2010. № 1. с. 35-37
7. Отставнов А.А., Орлов Е.В., Хантаев И.С. Определение приоритетных участков ремонта систем водоснабжения и водоотведения. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». 2007. № 3. с. 25-29
8. Салтыков Е.В. Эпоксидные покрытия на смену коррозии. Журнал «Бурение и нефть», 2016. № 11. с. 52-54

9. Bruce W.A. Comparison of fiber-reinforced polymer wrapping versus steel sleeves for repair of pipelines. *Rehabilitation of Pipelines Using Fiber-reinforced Polymer (FRP) Composites*. 2015. No. 1, pp. 61-78
10. Орлов В.А., Михайлин А.В., Хренов К.Е. Снижение энергопотребления при реновации кольцевых водопроводных сетей бестраншейными методами. *Журнал «Научное обозрение»*. 2015. № 4. с. 155-158
11. Храменков С.В. *Время управлять водой*. -М.: Московские учебники и картолитография, 2012. 280 с.
12. Захаров Ю.С. Опыт Германии. Бестраншейный ремонт систем водоотведения. *Журнал Технологии Мира*. 2012. № 1 (39). с. 31-38
13. Cruz C., Emerson M. Spray applied coatings for the rehabilitation of drinking water pipelines. //31st NO-DIG International Conference and Exhibition. 2012. Sao Paulo (Brasil). PAP 011521. p.1-7
14. Kuliczkowski A. Renowacja czy rekonstrukcja na przykładzie przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. *INSTAL*. 2012. № 1, p. 46-49.
15. Храменков С.В. *Стратегия модернизации водопроводной сети*. -М.: Стройиздат, 2005. 398 с.
16. Орлов В.А. Трубопроводные сети. Автоматизированное сопровождение проектных разработок. -С-П.: Лань, 2015. 159 с.
17. Орлов В.А., Зоткин С.П., Зоткина И.А., Хренов К.Е. Расчёт параметров работы напорных трубопроводов, восстанавливаемых предварительно сжатыми полимерными трубами //Свид-во о гос. рег-ции программы для ЭВМ № 2014612753 от 06.03.14. Правообл.: Орлов В.А., Зоткин С.П., Зоткина И.А., Хренов К.Е.; заявл. 10.01.2014; опубл. 16.05.14; Бюл. № 9.
18. Орлов В.А., Аверкеев И.А. Анализ автоматизированных программ расчёта водопроводных сетей в целях гидравлического моделирования при реновации трубопроводов. *Журнал «Вестник МГСУ»*. 2013. № 3. с. 237-243

ОБЗОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

В.И. Прохоров¹, М.А. Разаков^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, pvi1936@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МЭИ», RazakovMA@mpei.ru

Аннотация

Авторами в данной работе рассмотрен отечественный рынок производителей циркуляционных насосов. Приведены различные наименования компаний, которые распространяют свою продукцию на территории Российской Федерации. Произведен анализ стран производителей циркуляционных насосов. Определена доля отечественных компаний в общем количестве производителей, которые предлагают оборудование на территории России. Освещено современное состояние отечественных производителей, европейских региональных компаний, а также объединений в рамках транснациональных корпораций, которые имеют представительства в различных странах мира. В исследовании использовались данные из открытых электронных ресурсов. Представленные результаты будут интересны как для проектировщиков различных проектных организаций так и для студентов, которые только начинают свой путь в изучении насосного оборудования и проектирования современных теплотребляющих систем зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Национальная безопасность страны напрямую зависит от отечественных производителей различных видов товаров и услуг. В последние 3 года активно работает программа «Импортозамещения». Российские предприниматели почти во всех отраслях народного хозяйства захватывают большие доли рынка. К сожалению, не во всех секторах экономики отечественные производители представляют половиной рынка. К таким “проблемным” товарам относятся циркуляционные насосы. В работе представлены результаты анализа производителей циркуляционных насосов на российском рынке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе приведены данные компаний-производителей циркуляционных насосов на российском рынке, которые могут быть использованы для систем отопления или горячего водоснабжения различных зданий и сооружений в отечественных условиях.

Циркуляционный насос (ЦН) обычно располагается в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) при независимой схеме подключения системы отопления здания к тепловой сети. На рис. 1 приведена данная схема ИТП с расположением циркуляционного насоса [1,2]. На рис. 2 представлен внешний вид, установленного циркуляционного насоса [3]. В исследования были использованы различные виды электронных ресурсов [4-5]. Для ознакомления с отечественным рынком других видов насосного оборудования, используемого в жилищно-коммунальном хозяйстве, можно воспользоваться работами А.С. Левашова, А.В. Кикота, В.И. Прохорова и М.А. Разакова [6,7].

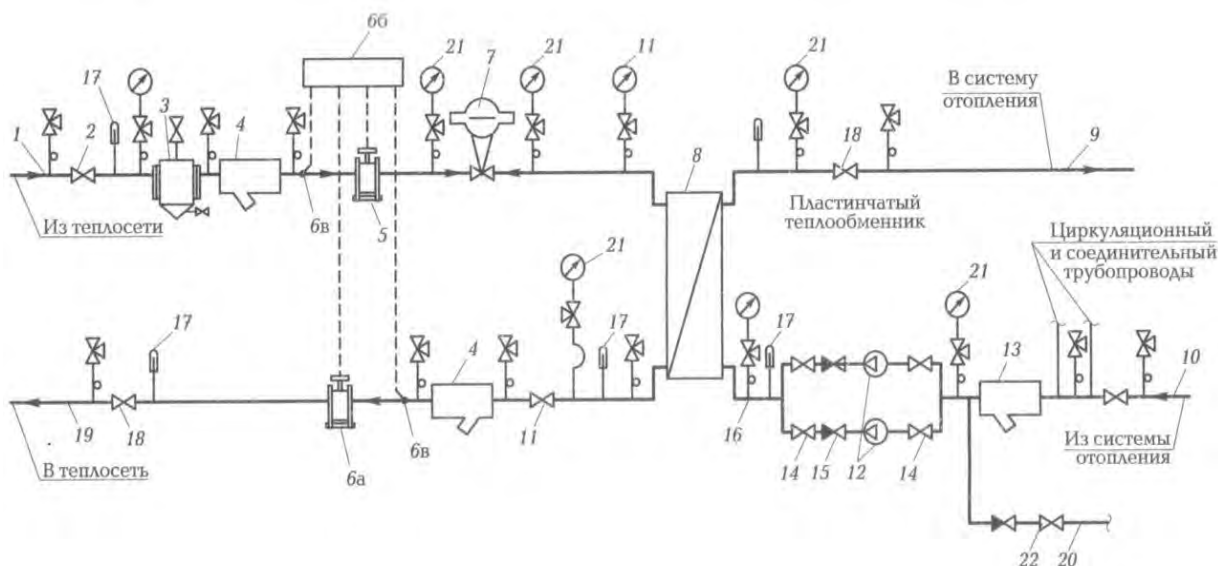


Рис. 1. Независимая принципиальная схема присоединения системы отопления к тепловым сетям [1]
 1 - подающий трубопровод тепловой сети; 2, 18 - стальная задвижка; 3 - абонентский грязевик; 4 - сетчатый фильтр; 5,6 - теплосчетчик; 7 - регулятор расхода; 8 - теплообменник; 9 - подающий трубопровод системы отопления; 10 - трубопровод системы отопления; 11,14 и 22 - задвижка; 12 - циркуляционный и резервный насосы; 13 - фильтр; 15 - обратный клапан; 16 - трубопровод; 17 - термометр; 19 - обратный трубопровод тепловой сети; 20 - трубопровод для подпитки системы отопления; 21 - манометр.



Рис. 2. Внешний вид современного циркуляционного насоса компании Джилекс (г. Подольск) [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 представлены компании производители ЦН и страны, где расположены производственные отделения данных компаний. На рисунке 3 представлена диаграмма с компаниями производителями циркуляционных насосов на отечественном рынке, сгруппированная по территориальному признаку. Всего на нашем рынке по данным различных информационных ресурсов насчитывается около 89 компаний [4-5]. Данные компании производители производят насосы со схожими характеристиками, но модельный ряд может быть ограничен ввиду их малого использования. Например, некоторое количество Китайских компаний не имеют в своём модельном ряду циркуляционные насосы с напором более 10 метров.

Таблица 1. Основные производители циркуляционных насосов на российском рынке

№	Компания производитель	Расположение / Страна производитель
1	Джилекс	Россия, г. Подольск
2	Unipump	Россия, г. Балашиха
3	Гидроагрегат ЦРН (Предполагается ликвидация)	Россия, г. Павлово (Нижегородская обл)
4	Jemix WRS (WRM)	Россия
5	Water Technics (Водная техника)	Россия, г. Москва
6	Aqua Planet ES	Украина
7	ZOTA RING	Германия - Россия
8	Wilo	Германия
9	Grundfos	
10	Wilpu	
11	KSB	
12	KSB - Wirbel HUP	
13	Halm	
14	Vortex	
15	Unitherm UPC	
16	WATTS Industries HP	США - Германия
17	Salmson - Wilo	Франция - Германия
18	Weberman	Франция
19	DAB A	Италия
20	AQUARIO AC	
21	Federica Dugatti	
22	Calpeda NC3	
23	NOCCHI SR3	
24	General hydraulic GRS	
25	Lowara	
26	Arena MSL	
27	Pedrollo	
28	Calpeda	
29	Altstream ALT	
30	Speroni SCR	
31	Aqualink	Италия - Россия
32	IMP PUMPS	Словения
33	PROTHERM GPD	Словакия
34	Wester WCP	Великобритания-Китай
35	General Pump GPD	
36	Valtec VRS	Италия-Китай
37	Leberg GRS	Норвегия-Китай
38	Zitrek WRS	Чехия-Китай
39	AquamotoR AR CR	Чехия-Китай
40	Neoclima TCP	Греция-Китай
41	Patriot CP	США-Китай
42	Насосы плюс оборудование BPS	Украина-Китай
43	SPRUT GPD	
44	EUROAQUA GPS	
45	THERMOFIX CP	Турция - Китай
46	FORTE GPD	Япония - Китай
47	Oasis CR	Китай
48	P.I.T. PCP	
49	KITLINE RS	
50	KM RS	
51	Millenium	
52	ViEiR ЦН	
53	AquaTIM AM-XPS	
54	Taify	

55	AquaGrand RS	Китай
56	GIDRO FORCE CP	
57	STI CR	
58	AquaGrand RS	
59	TAEN CRS	
60	Ensi GPD	
61	ALBA CRP	
62	Termica Comfortline CP (NINGBO KING POWER INDUSTRY)	
63	Astek CP	
64	Grosseto GRS	
65	OTGON CP	
66	KITLINE RS	
67	ALBA CRP	
68	БЕЛАМОС BRS		Россия-Китай
69	Калибр НЦ	
70	Вихрь	
71	WERT WRS	
72	Sturm WP	
73	WWQ CN	
74	Elitech НЦ	
75	REDVERG RD-CP	
76	Stavrolit CPD	
77	Кратон CWP	
78	Хозяин	
79	Умница XRS	
80	Vodotok XRS	
81	Valfex VCP	
82	IBO OHI	Польша
83	HEL-WITA U	
84	Smedegaard	Дания
85	SMS	Швеция
86	Biral M	Швейцария
87	ESPA RA1-S	Испания
88	LAING	Венгрия - США - Канада - Япония
89	Ebara	Япония



Рис. 3. Распределение по странам компаний-производителей циркуляционных насосов (из 89 компаний) обеспечивающих потребности российского рынка

Следует отметить, что некоторые Европейские компании (в основном из Германии и Франции), которые не имеют производства в Китае, объединяются в большие

транснациональные корпорации с компаниями из США или укрупняются с компаниями внутри Европейского союза. Примерами Транснациональных компаний являются Watts Industries и LAING. Крупными объединенными компаниями в Европе на данный момент являются Wirbel - KSB и Salmson - Wilo. По диаграмме 1 можно оценить, что доля отечественных компаний на нашем рынке не очень велика. В основном их текущие результаты, к сожалению, в большей степени связаны со слабым позиционированием своего оборудования. Второстепенной причиной также является большое количество дешевых китайских аналогов, которые заполнили российский рынок.

ВЫВОДЫ

1. Доля отечественных компаний с производственными мощностями на территории Российской Федерации на рынке не превышает 8%, а основной страной производителем циркуляционных насосов является Китай.
2. Российским производителям в рамках программы «Импортозамещения» и национальной безопасности на первоначальном этапе необходимо усилить свое присутствие до 50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полосин И.И., Новосельцев Б.П., Хузин В.Ю., Жерлыкина М.Н. Инженерные системы зданий и сооружений // Москва: Издательский центр "Академия", 2012. - 304 с.;
2. Махов Л.М. Отопление // Москва: Издательство "АСВ", 2014. - 400 с.;
3. Сайт компании "Джилекс" [Электронный ресурс]. – МО.: Джилекс, – Режим доступа: <http://www.jeelex.ru/>, свободный. Дата обращения: 11.09.20;
4. Сайт "Все инструменты" [Электронный ресурс]. – М.: Все инструменты, – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/>, свободный. Дата обращения: 12.09.20;
5. Сайт компании "Петрович" [Электронный ресурс]. – М.: Петрович, – Режим доступа: <https://moscow.petrovich.ru/>, свободный. Дата обращения: 12.09.20;
6. Сайт компании "Яндекс Маркет" [Электронный ресурс]. – М.: Яндекс Маркет, – Режим доступа: <https://market.yandex.ru/>свободный. Дата обращения: 13.09.20;
7. Кикот А.В., Левашов А.С. Анализ рынка погружных скважинных насосов в России // Материалы VI Международного Балтийского морского форума : в 6 т.. 2018. С. 342-347;
8. Прохоров В.И., Разаков М.А. Анализ конструктивных особенностей и характеристик вертикальных центробежных насосов для канализационных насосных станций отечественного производства // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 9 (153). С. 4-6.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Е.И. Пупырев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e.pupyrev@gmail.com

Аннотация

Область очистки воды интегрирует все достижения человечества в области науки и техники. Мировое научное и проектное сообщество обменивается технологиями очистки воды, мировые лидеры строят очистные сооружения в разных странах. Выработаны близкие от государства к государству нормативные акты в области проектирования и строительства сооружений очистки воды. Созданы математические методы расчета сооружений. Используя полученные технические достижения можно построить различные сооружения, решающие одну и ту же задачу очистки воды. Поэтому актуальной проблемой в настоящее время является достижение максимальной эффективности инвестиций в строительство сооружений очистки воды. В статье предлагается метод многовариантного проектирования для достижения финансовой эффективности строительства и эксплуатации очистного сооружения при сохранении заданных технических характеристик и качества очистки воды.

ВВЕДЕНИЕ

В мировом проектном сообществе сложились практически единые технологические схемы очистки природной воды до уровня питьевой и очистки хозяйственно – бытовых сточных вод. Создана индустрия для производства оборудования (решетки механической очистки, песколовки, насосы, фильтры, мешалки, аэраторы, озонаторы, прессы, деканторы, ультрафиолетовые лампы и т.д.). Появились различные реагенты. Выработаны близкие от государства к государству нормативные акты в области проектирования и строительства сооружений очистки воды. Созданы математические методы расчета сооружений, разработаны физические и математические модели процессов очистки воды. Понятно, что большинство методов носит эвристический характер, т.к. специалисты имеют дело с живой природной системой. Сооружение, оптимальное по комплексу технических параметров, может быть неоптимальным по финансовым показателям и наоборот. Поэтому так важно добиваться не только технологической, но и финансовой эффективности проектных решений для строительства сооружений очистки воды. Предлагаемый метод предполагает на первом этапе выбор технологии очистки воды, разработку конструктивного решения, оценку экономической эффективности выбранного решения, и если ожидаемый эффект не достигается, то возвращение в область конструктивных решений, целенаправленное изменение видов оборудования, возможно, других технических решений, вновь пересчет финансовых параметров, сроков окупаемости и т.д. до достижения желаемого результата. В то же время предлагаемый метод не является методом полного перебора, т.к. на каждом этапе изменяются только технические параметры, существенно влияющие на финансово – экономические показатели будущего инженерного сооружения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сооружения очистки воды, - это общее понятие. Сооружения очистки природной воды до уровня питьевой [1], сооружения очистки хозяйственно – бытовых сточных вод до допустимого качества [2], наконец сооружения очистки производственных сточных вод [3 - 5], это разные технологии, оборудование, реагенты. В данной работе сооружения рассматриваются в общем виде. Очистка воды делится на технологические этапы. Обычно, вначале это удаление механических загрязнений, всевозможных взвесей. На следующем этапе удаление специфических загрязнений, например биологических загрязнений. Последующие этапы, - это доочистка и обеззараживание. Используемое оборудование в

сооружениях включает в себя решетки, отстойники, насосы, мешалки, различного вида фильтры и т.д. [6-8].

Проектирование сооружений выполняется в соответствии с техническим заданием, в котором даются показатели качества исходной и очищенной воды, параметры участка застройки, технические условия подключения ресурсов и т.п. В проекте содержатся данные по составу оборудования, его характеристикам, стоимости оборудования, строительно – монтажных работ. Эксплуатационные затраты в проект не входят, они определяются по итогам опытной эксплуатации.

Критерием финансовой эффективности предложенных проектных решений является прежде всего срок окупаемости сооружения очистки воды. Кроме того в практике финансовой аналитики считаются такие критерии, как объём прибыли до вычета расходов по выплате процентов, налогов, износа и начисленной амортизации (ЕБИТДА), чистая приведенная стоимость денежных потоков к моменту расчета проекта (NPV), внутренняя норма доходности (IRR) и другие. Проект может быть разработан так, что он никогда не окупится, потому что, например, к моменту когда он начинает приносить прибыль, недопустимо вырастают эксплуатационные затраты, либо уже нужно менять оборудование и т.д.

Методы решения поставленной задачи, - это известные методы проектирования сооружений очистки воды, например описанные в [9], методы расчета финансовых моделей, таких как Альт-Инвест [10]. Альт-Инвест позволяет планировать стратегию финансирования инвестиционного проекта, анализировать отдельный проект или группы проектов, рассчитывать основные показатели инвестиционной эффективности проектов (NPV, IRR, РВ, РВР и т.д.). Для поиска оптимальных решений применяются методы направленного поиска в множестве решений, например [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе выбирается или разрабатывается технологическая схема и для нее разрабатывается варианты конструктивных решений. Пример такой схемы приведен в табл. 1.

Таблица 1. Варианты построения сооружения

Мех. очистка	Отстойник	Удаление специфических загрязнений	Отстойник	Дезинфектор
решетки	горизонтальный	аэротенк	радиальный	УФ
	радиальный	мембраны	Фильтр-отстойник	Хлор
				Гипохлорит

Как показывает табл. 1, в данном случае возможны как минимум 24 варианта проекта очистного сооружения. Для выбранного варианта конструкции сооружения подсчитываются данные для финансовой модели. Пример расчета данных для финансовой приведен в табл. 2

Таблица 2. Данные для расчета финансовой модели

Сооружение очистки воды производительностью м ³ /сут			
№	Название	Ед. изм	Значение
1. Инженерные работы			
1.1	Проектирование, включая экспертизу	тыс. руб	
1.2	Поставка оборудования	тыс. руб	
1.3	Строительно-монтажные работы и ПНР	тыс. руб	
2. Условия кредитования			
2.1	Величина кредита (тыс. руб.)	тыс. руб.	
2.2	Доля кредитных средств	%	

2.3	Процентная ставка за кредит	%	
2.4	Индекс цен, годовая инфляция	%	
2.5	Ставка дисконтирования	%	
2.6	Длительность инвестиционного периода	квартал	
2.7	График квартальных платежей		равномерно
3. Эксплуатация			
3.1	Срок амортизации (код 220.42.21.13.126, Постановления Правительства РФ от 07.07.2016 N 640) Оборудование (СМР)	лет	20 (25)
3.2	Амортизация в год (линейный метод)	тыс. руб.	
3.3	Количество тепла на подогрев осадка в сутки (без учета потерь)	МВт×ч в сутки	
3.4	Расход электричества	МВт×ч в сутки	
3.5	Стоимость газа	руб./м ³	
3.6	Стоимость электричества	руб. кВт/ч без НДС	
3.7	Стоимость тепловой энергии	руб. за 1 Гкал без НДС	
3.8	Фонд оплаты труда (на 9 человек)	руб. в год	
Эксплуатационные расходы в сумме		руб. в год	
4. Расчет выручки			
4.1	Количество отдаваемого биогаза в сутки	м ³ /сут	
4.2	Количество метана в отдаваемом биогазе в сутки	м ³ /сут	
4.3	Возможный тепловой потенциал тепла в сутки из вырабатываемого биогаза	МВт×ч в сутки	
4.4	Возможная выработка электричества из отдаваемого биогаза в сутки (При использовании на ГПТЭС)	МВт×ч в сутки	
4.5	Динамика цен на газ	%	
4.6	Динамика цен на электричество	%	

Таблица содержит данные по составу основных блоков сооружения очистки воды, условия кредитования строительства, в частности величина кредита, доля кредитных средств, процентная ставка за кредит, длительность инвестиционного периода и т.п. Следующая группа данных, - эксплуатационные показатели. Они необходимы для полного расчета затрат на эксплуатацию блока. От них зависит срок возврата кредита, эффективность его использования.

Расчетные данные передаются в финансовую модель, в нашем случае в Альт-Инвест. Программы выдают результаты расчета, которые, например показывают, что будущее сооружение не окупается (рис 1).

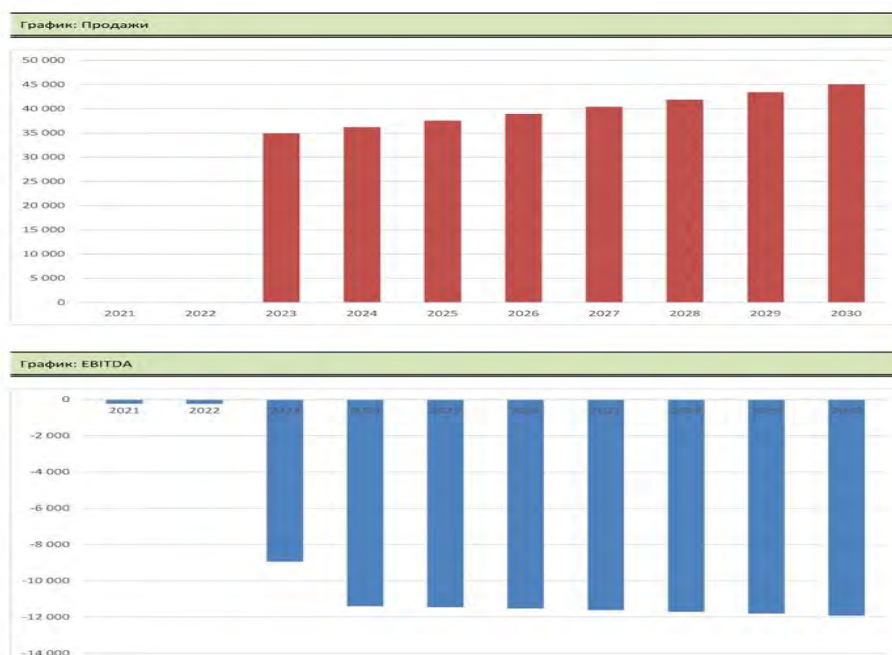


Рис. 1. Расчет объемов продаж и объема прибыли

По результатам расчета финансовой модели корректируются состав блоков будущего сооружения, корректируется состав оборудования, заново считаются характеристики сооружения. Опытный специалист определяет направления корректировки данных. Заново проводится расчет финансовой модели. Затем процедура может повторяться до достижения целевого результата.

ВЫВОДЫ

В работе предложен инструмент для получения проектов сооружений очистки воды, оптимальных как по техническим, так и по финансовым показателям. Предложенный метод был опробован на реальных очистных сооружениях России и показал свою работоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журба М.Г., Соколов Л.Н., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений (в 3 томах)//Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва 2010
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод//Изд-во Ассоциации строительных вузов, Москва 2006. – 704
3. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение. //ИНФРА-М, 2020. – 415с.
4. Луканин А.В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков. //ИНФРА-М, Москва, 2018. – 605с.
5. Серпюкрылов Н.С., Щербаков С.А. Повышение эффективности очистки шахтных вод // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011.
6. Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование// Стройиздат. Москва. 2008. 158 с.
7. Трубецкая М.П., Корчевская Ю.В. О необходимости интенсификации работы сооружений цеха механической очистки сточных вод.// Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов: сборник I региональной (заочной) научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся посвященной 100-летию Омского государственного аграрного университета, с.79-84, 2018
8. Ультрафиолетовые технологии в современном мире//Издательский дом Интеллект, 2012
9. Пупырев Е.И. Сбор и очистка хозяйственно-бытовых сточных вод: критический обзор достигнутых результатов //Вестник МГСУ, том 14, выпуск 11, 2019 г. с. 1292 -1334.
10. Программа «Альт-Инвест». <https://www.alt-invest.ru/program/alt-invest-summ/>
11. Малышев В.В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления//МАИ Принт, Москва, 2010, 440 с.

ДИНАМИКА БАЛАНСА ТЕПЛОТЫ ОТ ВОСХОДЯЩИХ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ В ПОМЕЩЕНИИ

А.Г. Рымаров, Д.Г. Титков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Напольное отопление часто применяют для повышения комфортности пребывания человека в помещении. Разогретая плита пола дает равномерное движение восходящих и нисходящих конвективных потоков, формируя другую концепцию циркуляции воздуха в помещении, что позволяет, например пыли менее активно перемещаться в помещении за счет меньшей скорости движения воздуха. У людей часто мерзнут конечности, и, в частности, ноги и особенно пальцы ног, что лучше преодолевается с применением напольного отопления. Возможно есть смысл разогревать не весь пол комнаты, а только там, где находится человек на постоянной основе. При разогреве отдельных фрагментов пола будут формироваться восходящие конвективные струи, которые при взаимодействии с основной системой отопления будут формировать среднюю температуру воздуха в помещении в соответствии с нормами. Люди, находящиеся в одном помещении, могут иметь разный возраст и состояние здоровья, что определяет разнообразие в потребности в величине температуры окружающего воздуха, что теперь можно будет скорректировать, разогревая отдельные пятна пола с применением системы напольного отопления. Управлять разогревом или снижением температуры отдельных не больших частей пола легче, чем всего пола в помещении, так как инерционность изменения температуры всей плиты пола при ее разогреве или остывании больше, чем отдельных ее небольших фрагментов. Кроме того, при разогреве или остывании отдельных фрагментов пола может формироваться потенциал энергосбережения, так как дополнительные потоки теплоты в помещении позволят снизить мощность основной системы отопления для приведения средней температуры в помещении до требуемого нормами значения. Более комфортные температурные условия на рабочих местах в офисном здании или в местах отдыха в квартире в жилом доме позволят снизить заболеваемость, повысить производительность труда или улучшить качество отдыха. Динамике баланса теплоты при диверсификации напольного отопления по отдельным нагреваемым пятнам пола в помещении посвящена данная статья.

ВВЕДЕНИЕ

Личное пространство человека имеет важное значение для реализации индивидуальных способностей личности и гармонизации социокультурной жизни общества [1,2,3], а организация необходимого микроклимата личного пространства человека – важная инженерная задача.

Особенности метаболизма человека зависят от физического и эмоционального состояния человека, что определяет потребность человека в конкретной температуре окружающего воздуха в каждый данный момент времени, которая может отличаться от принятых в нормах значений. Не учет особенностей конкретного человеческого организма формирует напряжение системы терморегуляции конкретного человека и как следствие ведет к заболеваниям. Наличие в помещении постоянных рабочих мест или зон отдыха позволяет создать зоны с небольшим отклонением температуры воздуха от среднего значения в помещении, что потребует применения в помещении дополнительных систем отопления, способных подстраиваться под потребности конкретного человека (рис. 1).

Учет индивидуальных потребностей человека, находящегося в помещении, в конкретном значении температуры окружающего воздуха позволяет не перегревать

помещение без необходимости, что приведет к более точному сочетанию энергосбережения и комфорта при пребывании человека в помещении.

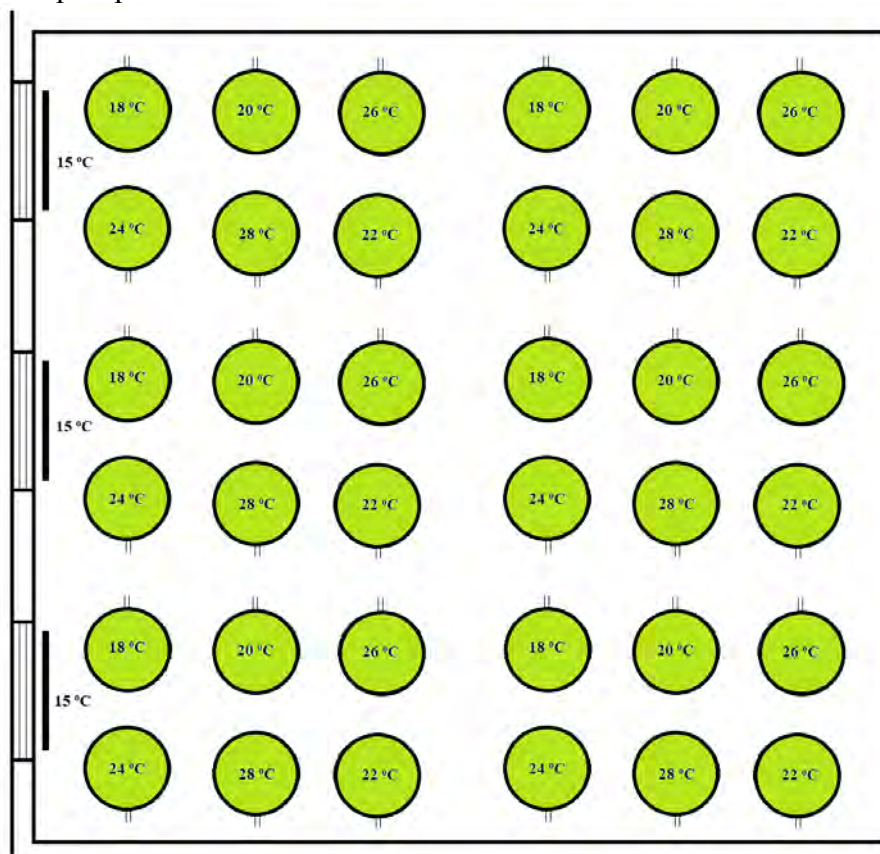


Рис.1. Схематичный план офисного помещения с местами для напольного отопления, где формируется индивидуальный температурный режим для каждого работника (температуры указаны как возможный вариант, а в реальности температуры будут иметь значения нужные конкретным людям)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы нормы СП 50.13330. 2016 «Тепловая защита здания» при формировании сопротивлений теплопередаче наружных ограждающих конструкций. Тепловой баланс помещения при моделировании температурного режима в помещении проводился на основе заданных значений тепловых поступлений и тепловых потерь. Конвективные струи от нагретых источников расположенных горизонтально рассматривались на основе данных профессора Шепелева И.А. [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим помещение в офисе или в жилом доме размером в плане 6×5 метров и высотой 3 метра с одним окном и одной наружной стеной, где система отопления с помощью отопительного прибора под окном формирует требуемую температуру воздуха в помещении, а система напольного отопления с отдельными контурами для 6 индивидуальных зон доводит температуру в каждой из индивидуальных зон до величины необходимой конкретному человеку, находящемуся в этой зоне, при этом средняя температура в помещении не выходит за пределы установленных нормами. Зададимся температурой, формируемой радиатором под окном помещения равной 15°С, а температуру в выделенных зонах примем равной 18°С, 20°С, 22°С 26°С, 24°С, 28°С (рис. 2). Восходящие конвективные струи от нагретого отопительного прибора и нагретых пятен пола в индивидуальных зонах и нисходящие струи от поверхностей ограждающих конструкций в помещении будут

формировать циркуляцию воздуха, среднюю температуру воздуха и результирующую температуру в помещении.

В рассматриваемом помещении площадь наружной стены принята равной $13,5 \text{ м}^2$ и площадь окна задана величиной $4,5 \text{ м}^2$. Расчет теплового баланса в данном помещении проведен для расчетных значений температуры наружного воздуха для холодного периода года для города Москвы при температуре внутреннего воздуха равной $+15^\circ\text{C}$, которая при добавлении 6 конвективных струй от 6 источников диаметром $0,38 \text{ м}$ (рис. 2) и при новом расчете теплового баланса трансформируется в среднюю температуру по рассматриваемому помещению равную $17,8^\circ\text{C}$. Внутренние бытовые тепловыделения от различных источников при расчете не учитывались.

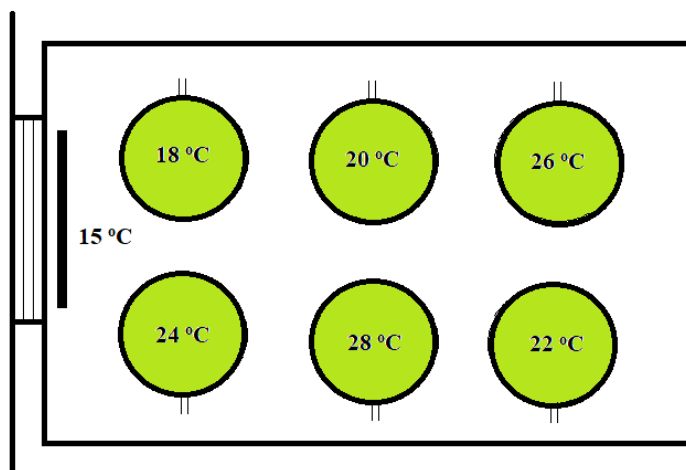


Рис.2 План помещения с 6 местами для напольного отопления, где формируется индивидуальный температурный режим для 6 людей

Проведен расчет изменяющихся по высоте помещения осевой скорости и избыточной температуры конвективной струи на высоте от $0,1 \text{ м}$ до 2 м от пола для 6 восходящих конвективных струй от круглых нагретых поверхностей пола диаметром $0,38 \text{ м}$. Разогрев пятен пола проводим так, чтобы подвижность воздуха в рабочей зоне в соответствии с нормами не превышала величину $0,2 \text{ м/с}$, а также температура пола не должна превышать требуемые нормами значения. Рассмотрены 4 варианта: 1 – в помещении никого нет, работает основная система отопления, формируя температуру внутреннего воздуха $+15^\circ\text{C}$, 2 – в помещении на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего воздуха 18°C , 20°C , 22°C , 26°C , 24°C , 28°C , 3 – в помещении на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего воздуха 18°C , 19°C , 20°C , 21°C , 22°C , 23°C , 4 – в помещении на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего воздуха 28°C , 26°C , 30°C , 24°C , 22°C , 20°C . На рис. 3 показаны тепловые потери рассматриваемого в данной статье помещения при средней температуре $+15^\circ\text{C}$ в помещении (вариант 1), тепловые потери при средней температуре в помещении $17,8^\circ\text{C}$ (вариант 2), тепловые потери при средней температуре в помещении $16,82^\circ\text{C}$ (вариант 3), тепловые потери при средней температуре в помещении $18,66^\circ\text{C}$ (вариант 4), разница между вариантами 2 и 1, 3 и 1, 4 и 1 – это потенциал энергосбережения, который может быть реализован в данном рассматриваемом помещении.

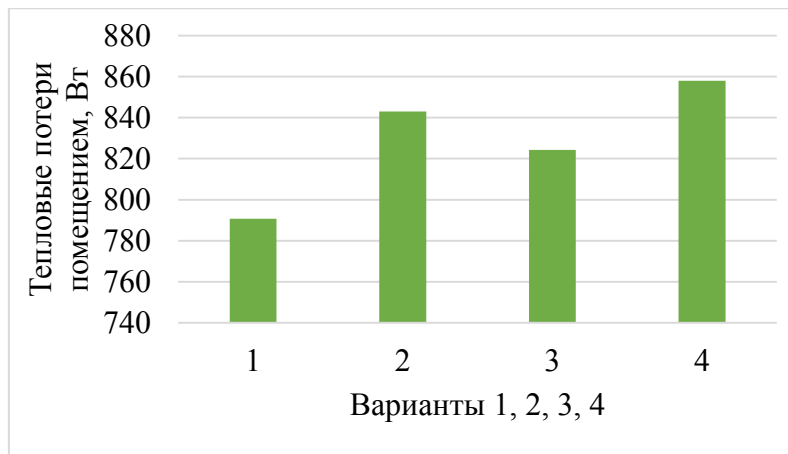


Рис.3 Тепловые потери в помещении с основной системой отопления (вариант 1) и с дополнительной системой отопления (варианты 2, 3 и 4)

Тепловые поступления от 6 нагретых зон системой напольного отопления для формирования восходящих конвективных струй при температурах в данных 6 индивидуальных зонах равных 18°C, 20°C, 22°C, 26°C, 24°C, 28°C (вариант 2) показаны на рис. 4, при температурах в данных 6 индивидуальных зонах равных 18°C, 19°C, 20°C, 21°C, 22°C, 23°C (вариант 3) показаны на рис. 5, при температурах в данных 6 индивидуальных зонах равных 28°C, 26°C, 30°C, 24°C, 22°C, 20°C (вариант 4) показаны на рис. 6.

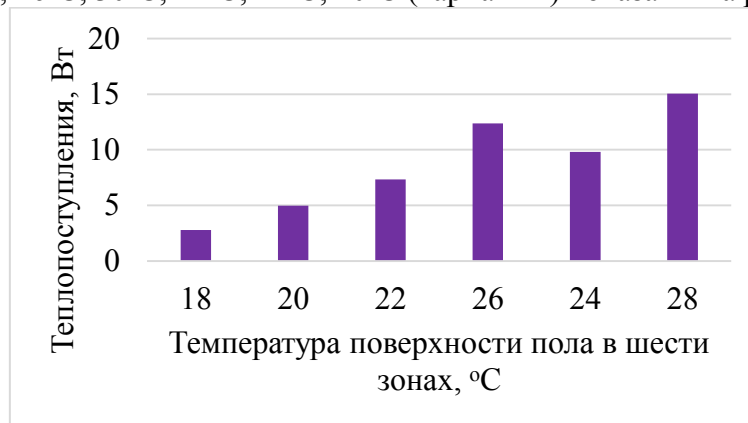


Рис.4 Тепловые поступления от 6 нагретых поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах равных 18°C, 20°C, 22°C, 26°C, 24°C, 28°C (вариант 2)

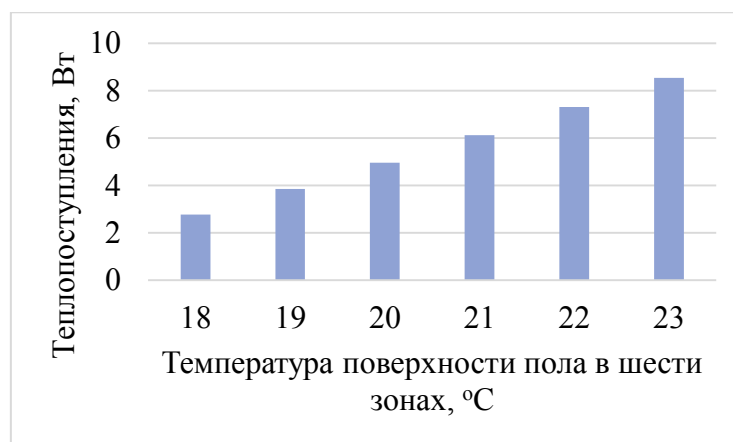


Рис.5 Тепловые поступления от 6 нагретых поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах равных 18°C, 19°C, 20°C, 21°C, 22°C, 23°C (вариант 3)

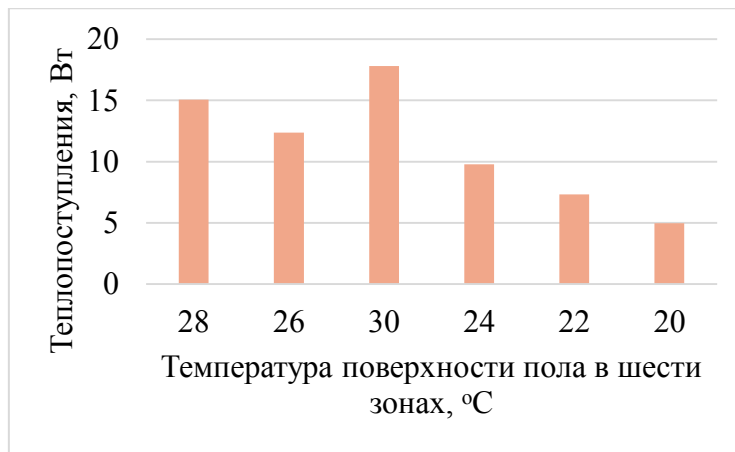


Рис.6 Тепловые поступления от 6 нагретых поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах равных 28°С, 26°С, 30°С, 24°С, 22°С, 20°С (вариант 4)

При необходимости систему дополнительного отопления можно отключить, а систему базового отопления настроить на работу по формированию температуры в помещении нужного значения.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая система отопления носит коллективно-индивидуальный характер, так как средние температуры воздуха, требуемые нормами, выдерживаются во всех помещениях здания, а там, где необходим учет индивидуальных потребностей человека работает дополнительная система отопления в виде напольной системы отопления. Энергосбережение в помещении при применении коллективно-индивидуальной системы отопления в холодный период года происходит при отсутствии людей в помещении, так как основная или базовая система отопления работает постоянно, а дополнительная система напольного отопления работает только в присутствии человека. Влияние конвективных струй на общие теплопотери помещения составляет от 4 до 10%. Доля площади пола, занятого напольным отоплением, составляет 1,5 %, что снижает инерционность [5] нагреваемых частей пола в помещении и позволяет быстро регулировать температуру в индивидуальных зонах и во всем помещении. Персонализация работы системы отопления хорошо сочетается с персонализацией работы системы вентиляции для рабочего места [6] в офисном помещении. Персонализация зон отдыха в помещениях в жилых зданиях позволяет увеличить потенциал энергосбережения [7]. Комплексное управление микроклиматом помещения возможно при мониторинге параметров микроклимата [8] на основе данных по тепломассообменным процессам происходящим в помещении [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Падерин В.К., Митрошина О.В., Гатин И.Д. Индивидуальное пространство как объект социологического анализа: к постановке проблемы // Казанский социально-гуманитарный вестник. 2017. № 5 (28). С. 69 — 73.
2. Безукладова И.Ю. Категоризация индивидуального пространства как способ структурирования окружающего мира // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. № 7 (99). С. 153—159.
3. Наумова О.Б. Частное пространство в системе ценностей традиционного общества // Этнографическое обозрение. 2014. № 4. С. 77—93.
4. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / Москва: Стройиздат. 1978. 144 с.
5. Brukhanov O., Rymarov A., Malysheva A., Titkov D. Analysis of heat losses of underground tunnel for engineering utilities with available methods // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 2016. С. 04028.
6. Рымаров А.Г., Агафонова В.В. Персонализированная приточная система вентиляции в помещении офисного здания // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 11. С. 60—64.

7. Бодров М.В., Кузин В.Ю., Морозов М.С. Повышение энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 48—50.
8. Рымаров А.Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания // Приволжский научный журнал. 2014. № 1 (29). С. 61—63.
9. Рымаров А.Г. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence buildings // Естественные и технические науки. 2013. № 1 (63). С. 380—382.

АНАЛИЗ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННОЙ ВОДЫ ПОСЛЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГВС

О.Д. Самарин¹, О.А. Гнездилова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹samarinod@mgsu.ru

²gnezdilovaoa@mgsu.ru

Аннотация

Предметом исследования является режим работы индивидуального теплового пункта (ИТП) с использованием отработанной сетевой воды после подогревателей горячего водоснабжения (ГВС) в системе отопления и нестационарный тепловой режим здания, обслуживаемого таким ИТП. Рассматриваемая конструкция ИТП позволяет обеспечить подачу теплоты на отопление зданий в случае резких похолоданий за пределами официального отопительного сезона без дополнительных затрат теплоты от ТЭЦ, а также избежать избыточной теплоподдачи в начале и конце отопительного периода и увеличить выработку электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении за счет снижения температуры обратной воды. Целью исследования является проверка допустимости колебаний температуры в помещениях жилых зданий, которые обслуживает ИТП предлагаемой конструкции, при суточном изменении потребления воды на ГВС, и надежности работы дополнительного оборудования ИТП. При исследовании используются методы анализа нестационарного теплового режима помещений, разработанные в теории теплоустойчивости. Показано, что для жилых зданий массовой постройки по существующим типовым проектам суточные колебания температуры в помещениях не выходят за пределы, допускаемые требованиями комфортности внутреннего микроклимата, а устанавливаемое дополнительное оборудование обеспечивает надежность и безопасность теплоснабжения зданий.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопросы обеспечения надежного теплоснабжения жилых зданий и максимально возможного сокращения энергопотребления при функционировании их инженерных систем являются очень актуальными. Это связано с изменением нормативной базы РФ в области строительства и требованиями действующего законодательства в сфере технического регулирования и энергосбережения, в первую очередь Закона РФ № 261-ФЗ «Об энергосбережении ...» и Закона РФ № 384-ФЗ «Технический регламент "О безопасности зданий и сооружений"». Поэтому создание безопасной и комфортной среды жизнедеятельности человека при минимальных материальных и энергетических затратах относится к первоочередным задачам при строительстве и эксплуатации объектов с постоянным пребыванием людей.

При этом особенностью жилых зданий является значительная доля энергопотребления на нужды горячего водоснабжения (ГВС), которая составляет в среднем 22 – 30 процентов в общем энергетическом балансе [1]. Поэтому энергосберегающие мероприятия в области ГВС являются весьма перспективными с точки зрения возможностей снижения энергопотребления, особенно с учетом того обстоятельства, что до настоящего времени в таких зданиях в большинстве случаев предусматривается естественная вытяжная вентиляция, что существенно затрудняет утилизацию теплоты вытяжного воздуха. В качестве подобных мероприятий ряд авторов предлагает, в частности, установку тепловых насосов вместо пиковых котлов, различные комбинации элементов централизованного и децентрализованного нагрева воды в теплосетях, внедрение квартирных тепловых пунктов, дальнейшее совершенствование инженерных систем и некоторые другие решения [2] – [5]. Конечно, все это способно дать существенный энергетический эффект, причем не только за

счет непосредственного устранения избыточной подачи теплоты, но и вследствие увеличения КПД ТЭЦ в условиях когенерации, но при этом необходимы большие капитальные вложения и организационные мероприятия [6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе [7] О.Д. Самариным была предложена конструкция индивидуального теплового пункта (ИТП) при зависимом присоединении системы отопления, позволяющая за счет полного или частичного использования отработанной воды после подогревателей ГВС в системе отопления обеспечить поддержание необходимой температуры внутреннего воздуха $t_{в}$, °С, в помещениях здания в случае резких похолоданий за пределами официального отопительного сезона без дополнительных затрат теплоты от теплоисточника. Одновременно такая схема позволяет за счет подмешивания отработанной воды к воде из подающего трубопровода теплосети снизить ее температуру до требуемой по температурному графику в начале и конце отопительного периода, при наружной температуре $t_{н}$, °С, превышающей температуру в точке излома температурного графика $t_{и}$, °С, и, таким образом, избежать избыточной подачи теплоты в здание, т.е. так называемых «перетопов». Следовательно, реализация предлагаемой конструкции повышает надежность и безопасность теплоснабжения и обеспечивает необходимую комфортность среды обитания в жилых зданиях. Кроме того, при этом за счет уменьшения температуры воды, возвращаемой на теплоисточник, достигается общесистемный эффект в виде повышения выработки электроэнергии на тепловом потреблении на ТЭЦ.

В публикации [6] автором была проанализирована работа предложенной схемы в переменных условиях в течение отопительного периода с учетом суточного изменения водоразбора на ГВС и соответствующей переменности расхода отработанного теплоносителя после подогревателей. При этом было установлено, что колебания величины $t_{в}$ в жилых помещениях лежат в пределах, допускаемых ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», и по данному показателю предлагаемая схема не уступает существующей двухступенчатой с ограничением расхода воды. Однако расчеты были проведены только для одного характерного жилого здания-представителя по одному из существующих типовых проектов. Поэтому представляет интерес проверка и подтверждение полученных результатов для других жилых зданий, отличающихся конструктивными и объемно-планировочными решениями, количеством жителей и другими параметрами, с одновременным исследованием надежности работы дополнительного оборудования ИТП, что и является целью настоящего исследования.

Таким образом, объектом исследования является совокупность жилых зданий массовой застройки, обслуживаемых ИТП предлагаемой конструкции. Для достижения цели исследования воспользуемся методикой, использованной в [6] и базирующейся на основных положениях теории теплоустойчивости [8]. Данная методика является оптимальной, поскольку колебания водоразбора на ГВС и, соответственно, подачи теплоты в систему отопления имеют периодический характер с суточным периодом, а теория теплоустойчивости была разработана для инженерных расчетов именно при таких режимах.

Последовательность выполнения вычислений соответствует принятой в [6], но в настоящей работе они производились уже для всей группы исследованных зданий. На первом этапе по строительным чертежам и общим данным проектов определялись конструктивные и объемно-планировочные характеристики объектов – площади основных ограждающих конструкций A_i , м², для наружных стен, окон и перекрытий с учетом этажности, отапливаемый объем $V_{от}$, м³, а также число квартир, необходимое для определения вентиляционной нормы воздуха $L_{расч}$, м³/ч, из расчета 140 м³/ч на квартиру. Далее, исходя из принятого материала ограждений, а также значений A_i и $L_{расч}$, вычислялся общий показатель теплопоглощения для помещений здания $P_{пом}$, Вт/К, и величина возмущающего теплового воздействия $Q_{от5}$, Вт, равная при нулевом

водоразбортеплопотерям помещений с учетом количества теплоты на нагрев вентиляционного воздуха за вычетом бытовых теплопоступлений при наружной температуре $t_{и}$, принятой по результатам расчета температурного графика в тепловой сети в климатических условиях Москвы равной $+5^{\circ}\text{C}$ [6]. Тогда искомая амплитуда колебаний $t_{в}(A_{тв})$ в соответствии с [8] будет равна уменьшенному на 10 процентов отношению $Q_{от5}$ к $P_{пом}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходные данные для вычислений и окончательные результаты в виде искомой величины $A_{тв}$ и ее среднего значения по всей выборке приведены в таблице 1.

Таблица 1. Геометрические и функциональные характеристики исследуемых зданий

Площадь A_i , м^2				Функциональные характеристики здания			$A_{тв}$, $^{\circ}\text{C}$
Наружная стена	Пол	Окна	Междуэтажные перекрытия	Этажность	Число квартир на этаже	Объем здания, м^3	
4947	778	1242	7780	9	3	23235	0,95
2938	1013	952	6078	5	4	15138	0,81
1543	677	440	2708	3	2	6275	0,78
6944	921	1552	13815	14	5	42982	1,20
4838	991	931	7928	7	3	22208	0,77
4388	990	1241	7920	7	3	22176	0,78
6209	1322	1490	10576	7	3	29611	0,62
5564	1015	1159	10150	9	2	30320	0,70
1730	862	517	3448	3	4	8044	0,92
2235	1190	724	4760	3	6	11032	0,87
							0,84

ВЫВОДЫ

В результате проведенных расчетов для всей группы зданий подтверждаются выводы, сделанные в [7] для характерного примера, что предлагаемая в [6] схема теплоснабжения с зависимым присоединением к наружным теплосетям действительно обеспечивает надежность теплоподдачи и необходимую комфортность в помещениях за счет подмешивания части или всей отработанной воды после подогревателей горячего водоснабжения (ГВС) к воде из подающего теплопровода сети при наружной температуре, превышающей точку излома температурного графика, поскольку значение $A_{тв}$ во всех случаях не превышает допустимой величины $1,5^{\circ}\text{C}$ [9], что и соответствует цели настоящего исследования. Таким образом, рассматриваемая схема действительно пригодна для использования в массовом порядке при реконструкции существующих тепловых пунктов, что дополнительно подтверждает ее практическую значимость. В качестве дальнейшей перспективы исследования возможно расширение используемой базы жилых зданий и распространение полученных результатов на климатические условия, значительно отличающиеся от условий Москвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. – М.: Изд-во АСВ, 2014. 296 с.
2. Ротов П.В., Орлов М.Е., Шарапов В.И., Сивухин А.А. Повышение эффективности работы централизованных систем теплоснабжения за счет применения теплонасосных установок // Промышленная энергетика. 2014. № 7. С. 27–31.

3. Шарапов В.И. О некоторых аспектах технической политики в теплоснабжении // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 5. С. 9–12.
4. Голобородько И.Е., Козлов С.А., Гудко А.Н. Дискуссия: конденсационные котлы и низкотемпературный график в системах отопления // Журнал «СОК». 2016. № 1. С. 26–30.
5. Гавей О.Ф., Панферов В.И. Разработка алгоритма управления системами теплоснабжения при снижении температуры теплоносителя. Сб. докл. VI международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогасоснабжения и вентиляции». – М.: НИУ МГСУ, 2015. С. 264–268.
6. Патент РФ (правообладатель НИУ МГСУ, автор Самарин О.Д.) «Конструкция индивидуального теплового пункта» № 2689873 от 29.05.19 (приоритет изобретения 16.11.18).
7. Самарин О.Д. Анализ надежного и безопасного теплоснабжения жилых зданий с использованием отработанной воды после подогревателей ГВС // Надежность и безопасность энергетики. 2020. т.13. № 1. С. 41–47.
8. Малявина Е.Г., Самарин О.Д. Строительная теплофизика и микроклимат зданий. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2018. 288 с.
9. СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов». – М.: ГУП ЦПП, 1995. 91 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ФОНДОХРАНИЛИЩ МУЗЕЕВ

С.В. Саргсян¹, В.А. Шалунова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹sargsyansv@mail.ru

²borisova_victoria@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена задаче вентиляции и кондиционирования воздуха помещений фондохранилищ музеев, нормы проектирования которых обязательны к соблюдению. Ввиду нахождения в хранилищах большого количества картин, бумаг, документов, карт и чертежей, важно обеспечить требуемые параметры воздуха для их сохранности и целостности. Оснащение системами вентиляции и кондиционирования воздуха помещений фондохранилищ музеев, продиктовано требованиями нормативных документов. При этом, требуется создать качественный воздухообмен. Оптимальной считается приточно-вытяжная вентиляция с принудительной циркуляцией. Представлена методика расчета воздухообмена помещений фондохранилищ музеев, позволяющий обеспечить требуемые параметры воздуха в заданном объеме. В статье помещение фондохранилищ рассматривается как объект, состоящий из двух контрольных объемов: 1-пристенный объем; 2- внутренний объем. Приведены принципиальные схемы организации воздухообмена помещения фондохранилищ музеев по схеме снизу-вверх для теплого и холодного периодов года. Представлены общие схемы тепло-массообменных процессов в вентилируемом объеме помещений фондохранилищ музеев с двумя контрольными объемами позволяющий определить воздухообмен для обеспечения нормируемых параметров воздуха в заданном объеме. На диаграмме I-d, показаны изменение параметров воздуха, при организации воздухообмена по схеме снизу-вверх с забором воздуха на рециркуляцию из верхней зоны пристенного объема в теплый период, и из нижней зоны пристенной области в холодный период года.

ВВЕДЕНИЕ

Организация воздухообмена в помещениях зданий различного назначения требуется в том числе для обеспечения оптимальных параметров воздуха обеспечивающие комфортные условия для находящихся в них людей. Необходимость обеспечения требуемых параметров воздуха в фондохранилищах музеев, архивах, библиотеках и других помещениях подобного назначения, выполняется для обеспечения нормальной жизнедеятельности сотрудников и посетителей, так как последние работают с материалами в течении длительного времени.

Следует отметить, что качественно спроектированная система вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях фондохранилищ музея, одновременно обеспечивает сохранность находящихся в них картин, музейных экспонатов, книг, документов, отчетов и т.п. Бумажные материалы теряют свои качества, приходят в негодность, портятся при скоплении пыли и невыполнении норм влажности воздуха. Предотвращается это комплексом мер: соблюдение стандартов относительно площади на количество единиц хранящихся экземпляров, обустройство системы отопления, кондиционирования воздуха и вентиляции.

Устройство приточной вентиляционной установки представлен на рисунке 1.

Нормативы для вентиляции архивных помещений

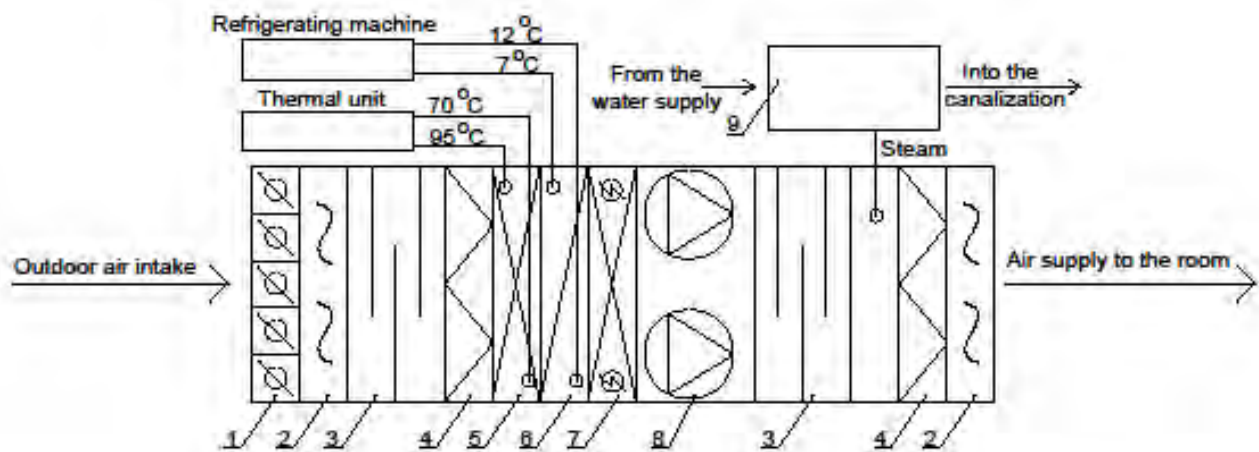


Рис. 12. Устройство приточной вентиляционной установки

- 1-клапан наружного воздуха; 2-гибкая вставка; 3- шумоглушитель; 4-фильтр;
5- водяной воздушонагреватель; 6-воздухоохладитель; 7- электрический воздушонагреватель;
8- вентиляторы (основной; резервный); 9- пар увлажнитель

К системе вентиляции архивов выдвигаются жесткие требования, так как большое скопление бумажных материалов несет угрозу пожарной безопасности. Основные правила: для государственных, областных, городских архивных помещений с вместимостью более 0,3 млн. экземпляров требуется принудительное вентилирование; для городских и районных архивов с меньшим количеством единиц хранения, допускается вытяжная вентиляция естественного принципа работы; в здании нужно обеспечить рециркуляцию. Подаваемый воздух должен содержать до 10% наружного воздуха [1–5].

Для фондохранилища музеев и других помещениях подобного назначения используют приточно-вытяжную систему общеобменной вентиляции. В помещениях небольшой площади с окнами, предусматриваются вытяжные вентиляционные каналы для обеспечения естественного движения воздуха, обусловленной разницей температуры и давления внутреннего и наружного воздуха.

Как правило, фондохранилища музеев, архивные помещения, библиотеки и других помещениях подобного назначения размещаются в полуподвальных и подобных им помещениях, в которых регулирование естественной движение потоков нет возможности. В подобных случаях необходимо используется обще обменная механическая вентиляция.

Принципы выполнения вентиляционных систем для помещений фондохранилищ музеев: обеспечение оптимального количества воздуха системами приточной и вытяжной вентиляции; механическую (принудительную) вентиляцию следует предусматривать в случае отсутствия возможности обеспечения требуемого воздухообмена системами естественной вентиляции; предусматриваются самостоятельные системы приточной и вытяжной вентиляции; при необходимости в отдельных зонах устанавливаются системы местной вытяжной вентиляции [6–8].

При проектировании систем вентиляции и кондиционировании воздуха следует учитывать следующие обстоятельства: требования к микроклимату по отдельным помещениям; интенсивность вредных выделений по отдельным помещениям; величина требуемого воздухообмена по отдельным помещениям; количество работников и посетителей, а также время их пребывания; схема обще обменной вентиляции и принцип воздухораспределения; допустимый уровень шума от вентиляционных установок; избыточное давление (напор) создаваемое вентиляционным оборудованием.

В помещениях хранилищ архивов I группы предусматриваются системы кондиционирования воздуха.

В помещениях фондохранилищ музеев, вместимостью более 0,3 млн. единиц хранения применяется, воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией или с кондиционированием воздуха.

В помещениях фондохранилищ музеев предусматривается рециркуляцию воздуха. Объем наружного воздуха надлежит определять по расчету, но он должен быть не более 10 % общего количества подаваемого воздуха.

Воздухообмен в помещениях фондохранилищ музеев осуществляется по схеме «сверху - вниз - вверх»: приток в верхнюю зону, рециркуляцию - из нижней зоны, и вытяжку - из верхней зоны.

Для хранилищ предусматривается очистка от пыли наружного и рециркуляционного воздуха до предельно допустимой концентрации ее в помещении фондохранилищ музеев, определенной технологическим заданием (рисунок 1).

Расчетную температуру воздуха и кратность воздухообмена в помещениях следует принимать по расчету.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В общей постановке задачи помещение фондохранилищ музеев рассматривается как элемент здания. Помещение рассматривается как объект, состоящий из двух контрольных объемов (рисунок 2, рисунок 3): 1-пристенный объем; 2-внутренний объем. В каждом контрольном объеме может осуществляется поступление и удаление воздуха, поглощение или выделение вредных веществ.

На границе контрольного объема могут ощущаться внешние воздействия.

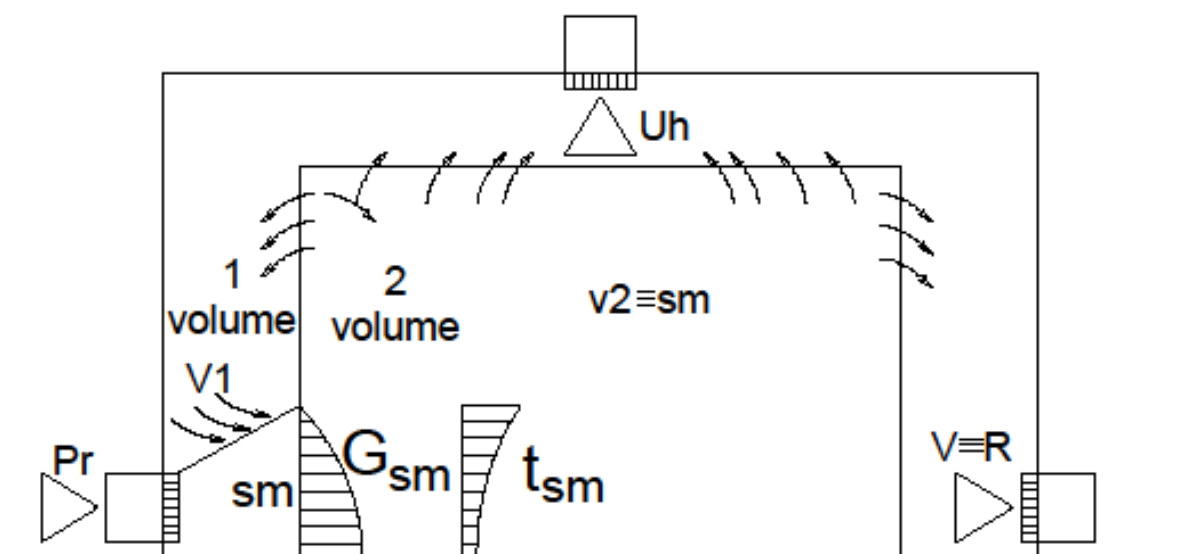


Рис. 13. Организации воздухообмена помещения фондохранилищ по схеме снизу-вверх. Забор воздуха на рециркуляцию с верхней зоны (теплый период года)

Тепловлажностные процессы на диаграмме влажностного воздуха I-d,, соответствующие принципиальным схемам воздухообмена в помещении фондохранилищ музеев, при математической модели вентилируемого помещения фондохранилищ с двумя контрольными объемами представлены на рисунке 4 и рисунке 5.

Математическое моделирование физического процесса, происходящего внутри помещения, позволяет решить одну из основных задач вентиляции фондохранилищ музеев:

определить воздухообмен для обеспечения нормируемых параметров воздуха в заданном объеме помещения фондохранилищ музеев [9–12].

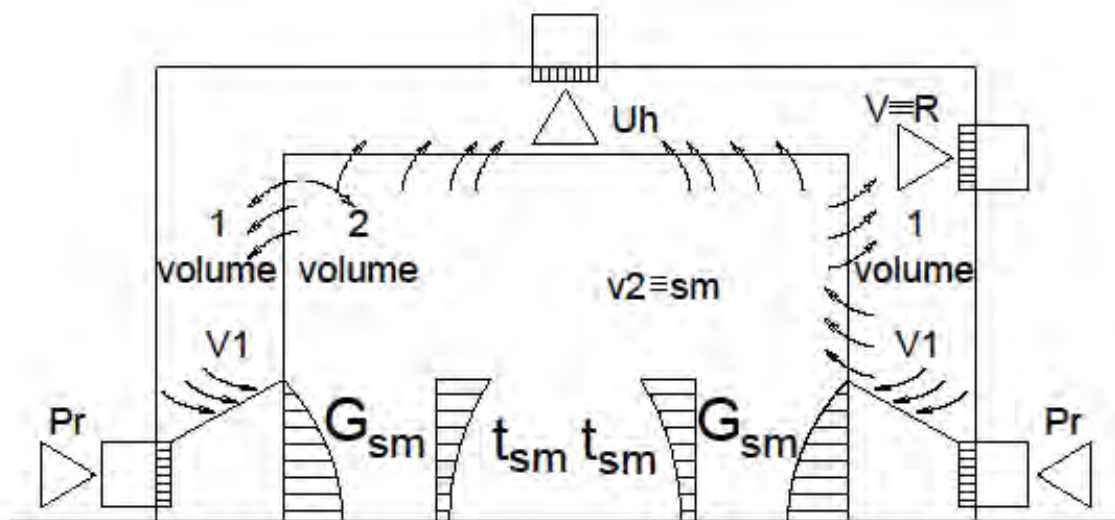


Рис. 3. Организации воздухообмена помещения фондохранилищ по схеме снизу-вверх.
Забор воздуха на рециркуляцию с нижней зоны (холодный период года)

На рисунках 2 и 3 представлены общая схема тепломассообмена в вентилируемом помещении фондохранилищ с двумя контрольными объемами. Исходя из этого, математическая модель тепломассообмена для пристанного и внутреннего контрольного объемов для теплого периода года описываются уравнениями соответственно (1) и (2).

Для пристанного контрольного объема:

$$\begin{cases} G_0 - G_{Str1} - G_{uh} = 0 \\ c_a \cdot G_0 \cdot t_{pr} - c_a \cdot G_{Str1} \cdot t_{Str1} - c_a \cdot G_{uh} \cdot t_{v1} + Q_1 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для внутреннего контрольного объема:

$$\begin{cases} G_{Str1} - G_{2-1} = 0 \\ c_a \cdot G_{Str1} \cdot t_{Str1} - c_a \cdot G_{2-1} \cdot t_{v2} + Q_2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Математическая модель тепломассообмена для пристанного и внутреннего контрольного объемов в холодный период года описываются уравнениями соответственно (3) и (4).

для пристанного контрольного объема:

$$\begin{cases} G_0 - G_{Str1} - G_{uh} = 0 \\ c_a \cdot G_0 \cdot t_{pr} - c_a \cdot G_{Str1} \cdot t_{Str1} - c_a \cdot G_{uh} \cdot t_{v1} + Q_1 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

для внутреннего контрольного объема:

$$\begin{cases} G_{Str1} - G_{2-1} = 0 \\ c_a \cdot G_{Str1} \cdot t_{Str1} - c_a \cdot G_{2-1} \cdot t_{v2} + Q_2 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Совместное решение систем уравнений (1) и (2) или (3) и (4) позволяет определить требуемый воздухообмен более обосновано в теплый и холодный периоды года для помещений фондохранилищ музеев

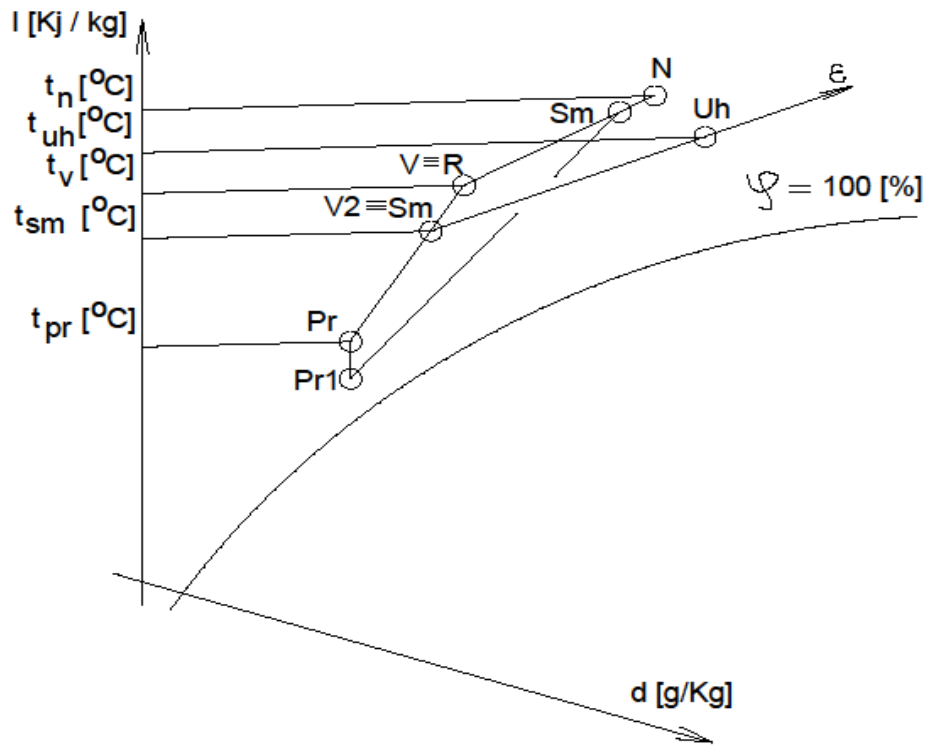


Рис. 4. Изменение параметров воздуха на диаграмме I-d, при организации воздухообмена по схеме снизу-вверх. Забор воздуха на рециркуляцию с верхней зоны (теплый период года)

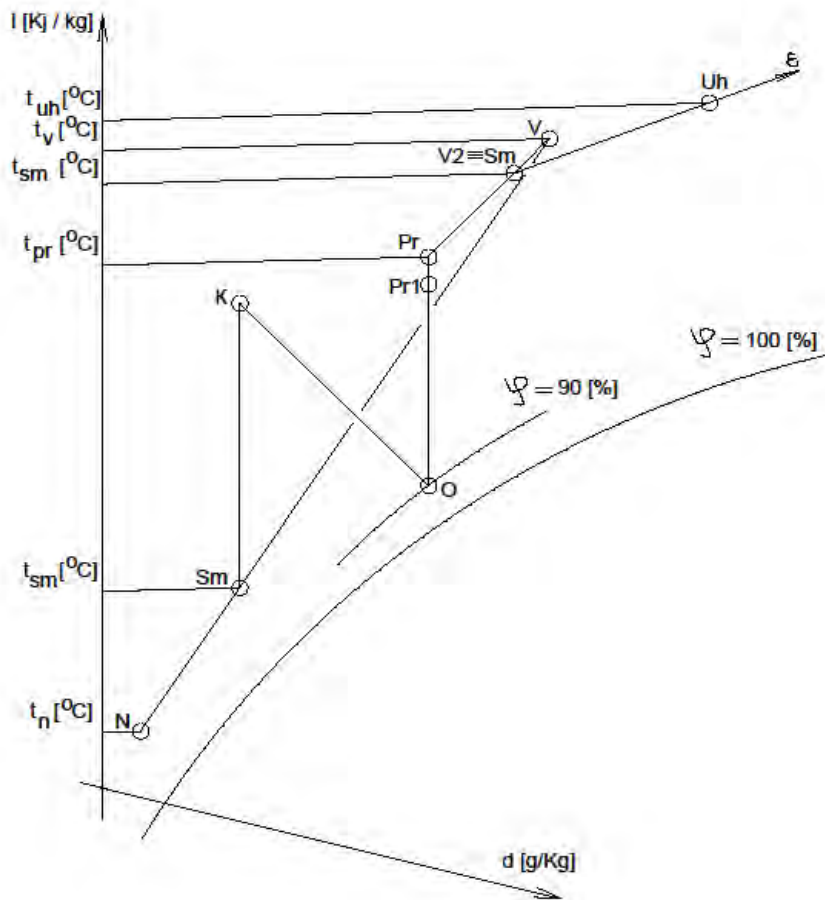


Рис. 14. Изменение параметров воздуха на диаграмме I-d, при организации воздухообмена по схеме снизу-вверх. Забор воздуха на рециркуляцию с нижней зоны (холодный период года)

ВЫВОДЫ

Деление вентилируемого помещения фондохранилищ музеев на два контрольных объема позволяет более достоверно описать исследуемые процессы в вентилируемом помещении и находить требуемый воздухообмен более обосновано.

Разделение объема, вентилируемого помещения фондохранилищ музеев на два контрольных объема, позволяет обеспечивать заданные параметры воздуха в допустимых диапазонах в теплый и холодный периоды года.

Разработанные методические основы принципов построения процессов на диаграмме I-d влажного воздуха, в вентилируемом помещении фондохранилищ музеев с двумя объемами, позволяет: определить параметры приточного воздуха для обеспечения в обслуживаемой зоне заданных параметров (прямая задача) а при заданных параметрах приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя, уточнить параметры воздуха в обслуживаемой зоне помещения фондохранилищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 131.13330.2012. 2012 Строительная климатология. (Москва: ГУП ЦПП)
2. АВОК Standard 7.7 2018. Музеи. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.
3. СП 50.13330.2012 2012 Тепловая защита зданий (Москва: ГУП ЦПП)
4. СП 60.13330.2012 2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (Москва: ГУП ЦПП)
5. ГОСТ 30494-2011. 2011 жилые и общественные здания. Параметры микроклимата в помещениях. (Москва: ГУП ЦПП)
6. Инструкция по учету и хранению музейных ценностей в государственных музеях СССР. 1985 (Москва: Министерство культуры) с. 24
7. Музейное хранение художественных ценностей: практика. пособие 1995 года. (Московский Государственный научно - исследовательский институт реставрации) с. 42
8. Титов В.П. Саргсян С.В. Построение процессов изменения состояния воздуха на i-d диаграмме при двухзонной модели вентилируемого помещения. - Деп. Во ВНИИТПИ, №10910, 18.02.91., 1991, Библиографический указатель депонированных рукописей, вып.5.
9. Саргсян С.В. Методика определения количества и характеристик воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне помещения, при подаче воздуха вертикальными струями. Научно-технический журнал Вестник МГСУ, Спецвыпуск 2/2009, МГСУ, Москва, сс. 452-456.
10. Титов В.П., Саргсян С.В. Универсальная двухзонная модель помещения для расчета требуемого воздухообмена/ в сб.: Охрана труда в промышленности. Пенза, 1991.
11. Саргсян С.В. Исследование способов организации воздухообмена и систем воздухораспределения на физических моделях в лабораторных условиях // Научное обозрение. – 2015. – № 16. – С. 68-71.
12. Саргсян С.В. Методика лабораторных испытаний способов организации воздухообмена на физических моделях // Научное обозрение. – 2015. – № 16. – С. 76-79.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.Д Сокова¹, Н.В Смирнова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹SokovaSD@mgsu.ru

²nadezhda-iva@mail.ru

Аннотация

Создание экономически и технически эффективной долговечной ремонтпригодной инъекционной гидроизоляции подземных конструкций зданий в стесненных условиях является актуальной задачей. Для ее достижения в исследовании рассматривалось: формирование основных подходов к совершенствованию технологий подземной гидроизоляции; разработка конкурентоспособного технологического решения с применением экологичных материалов, обеспечивающих надежную и долговечную защиту строительных конструкций и сооружений с учетом нагрузок от воздействия воды, основы материала и его состояния. В работе рассматриваются вопросы определения рационального состава и последовательности технологических процессов устройства подземной инъекционной гидроизоляции за счет минимизации диффузии грунтовых вод в подземные конструкции эксплуатируемых зданий путем создания плотной наружной оболочки из минеральных компонентов с их минимальным расходом. Проведено экспериментальное исследование параметров технологических процессов устройства инъекционной гидроизоляции с учетом особенностей механизации работ, численного и квалификационного состава рабочих. По результатам проведенных лабораторных испытаний установлено оптимальное процентное содержание бентонитового глинопорошка в гидроизоляционном составе, с гарантированным значением коэффициента фильтрации в определенном диапазоне.

Для принятого инъекционного состава приведены результаты оценки влияния предварительного нагрева смеси на характеристики гидравлической проводимости и набухаемости. Повышение температуры смеси до 40 °С приводит к снижению вязкости состава, что способствует сокращению продолжительности технологических перерывов до 60% за счет более быстрого схватывания состава. Представлены результаты экспериментальных исследований характеристик гидравлической проводимости и проницаемости образцов инъекционного состава с различным содержанием бентонитового глинопорошка. На основе полученных экспериментальных данных проведен расчет оптимальных параметров приготовления и нагнетания инъекционного состава при выполнении работ по устранению трещин несквозного характера и устройстве гидроизоляционной мембраны за обделочным пространством подземного сооружения. Методы исследования основываются на теории и практике построения организационно-технологических моделей и методов оптимального планирования в строительстве, теории принятия решений, экспертных оценок, методов сравнения и абстрагирования.

Выбор долговечной технологии для подземной гидроизоляции зданий осуществлялся с применением экспертно-квалиметрического анализа различных вариантов.

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является организационно-технологический процесс устройства подземной инъекционной гидроизоляции в стесненных условиях. Предметом исследования являются параметры технологических процессов при устройстве подземной инъекционной гидроизоляции зданий, находящихся в сложных условиях эксплуатации. Цель данных исследований состоит в создании экономически эффективной долговечной инъекционной

гидроизоляции подземных конструкций эксплуатируемых зданий в стесненных условиях. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи исследования: формирование основных подходов к совершенствованию технологий устройства подземной гидроизоляции в стесненных условиях; разработка конкурентоспособного технологического решения с применением экологических материалов при выполнении ремонтных работ подземной части зданий [1-2]; определение рационального состава и последовательности технологических процессов устройства подземной инъекционной гидроизоляции; разработка и экспериментальное исследование параметров технологических процессов устройства подземной инъекционной гидроизоляции в стесненных условиях с учетом особенностей механизации работ, численного и квалификационного состава рабочих; отбор и оценка значимости факторов, влияющих на результирующий показатель продолжительности технологического процесса устройства подземной гидроизоляции в стесненных условиях; выбор наиболее долговечной технологии для подземной гидроизоляции зданий и сооружений с применением экспертно-квалиметрического анализа различных вариантов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На начальных стадиях исследования авторами осуществлялся поиск эффективных решений по восстановлению подземной гидроизоляции с использованием событийно-логического подхода на основе ранжирования дефектов и с использованием логико-вероятностных методов. В ходе расчётов авторами были выбраны минеральные композиции на основе бентонитовых глин, предложена двухэтапная вуальная инъекционная технология. Предложенная технология отличается повышенной надежностью, создает объемную гидроизоляцию снаружи несущих конструкций, но с ведением работ с внутренней стороны здания. Гидроизоляция отличается высокой стойкостью к агрессивным воздействиям внешней среды, обеспечивая защиту конструкции от коррозии. Отсутствие земляных работ позволяет восстанавливать гидроизоляционную защиту подземной части зданий в труднодоступных и стесненных местах. Бентонитовая инъекция отличается значительной долговечностью, выдерживает многократные переходы через 0° , является экологическим материалом.

В данной статье рассматривается процесс сокращения технологического цикла с использованием глино-минеральных композиций за счет увеличения температуры смеси. При проведении исследований проводились лабораторные эксперименты с применением необходимой аппаратурной базы, а также осуществлялось изучение и обобщение полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно результатам исследований, приведенных в [3], изменение температуры песчано-бентонитовой смеси оказывает влияние на ее динамическую вязкость. На основании общих сведений о строении бентонитовых глин и механизмах гидратации (набухания) глин при взаимодействии с водой в работе проведены экспериментальные исследования характеристик гидравлической проводимости и проницаемости образцов инъекционного состава с различным содержанием бентонитового глинопорошка (рисунки 1 и 2). Кроме того, определялись параметры нагнетания гидроизоляционного состава с 45% содержанием бентонитового глинопорошка в зависимости от диаметра канала фильтрации и температуры смеси. Важной задачей является определение параметров нагнетания инъекционного состава в зависимости от ширины раскрытия трещин и температуры смеси.

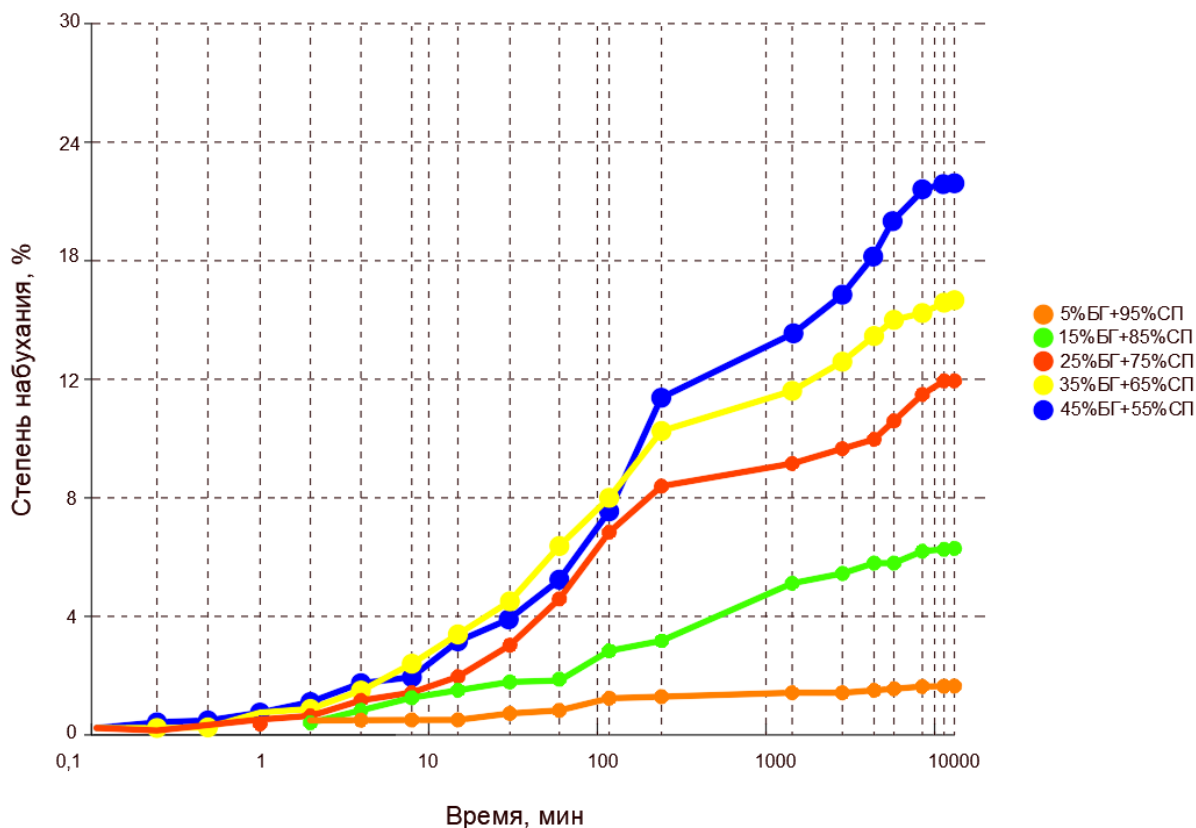


Рис. 1. Графики изменения величины свободного набухания образцов смесей во времени

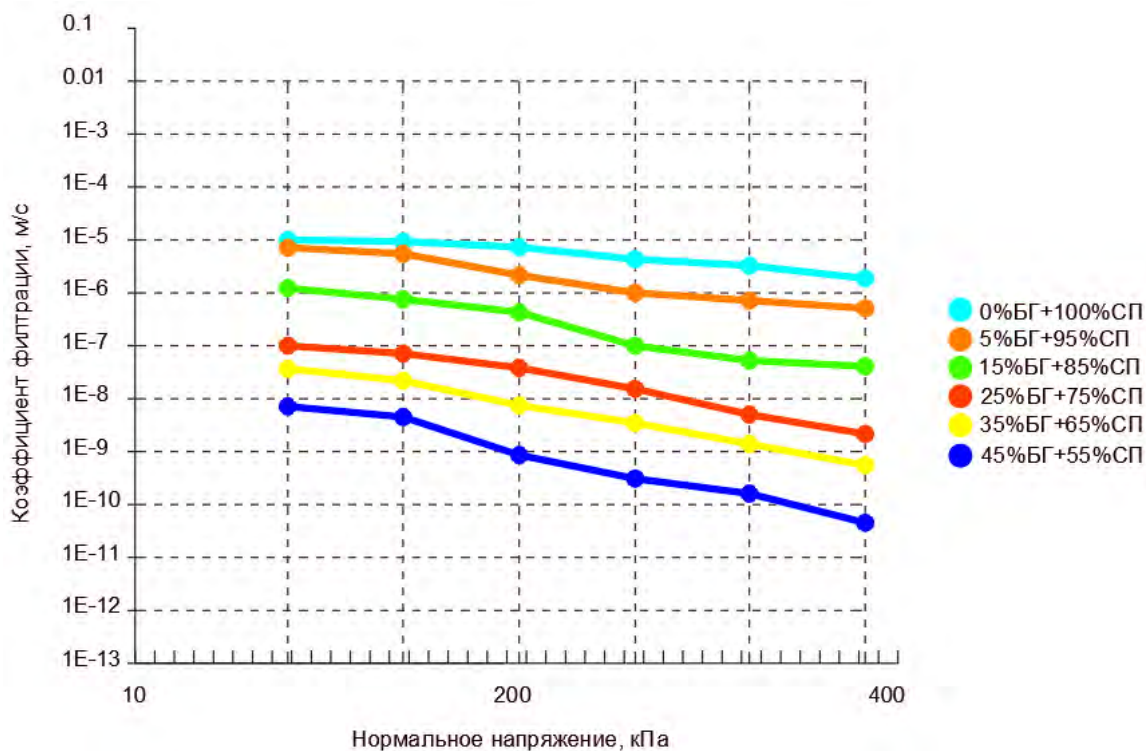


Рис. 2. Кривые зависимости коэффициента фильтрации образцов смесей от величины нормального напряжения

По результатам проведенных лабораторных одометрических и трехосных испытаний установлено оптимальное процентное содержание бентонитового глинопоршка в

гидроизоляционном составе, равное 45%, для устройства инъекционной гидроизоляции с гарантированным значением коэффициента фильтрации в диапазоне $10^{-6} \cdot 10^{-8}$ см/с.

Для принятого инъекционного состава приведены результаты оценки влияния предварительного нагрева смеси на характеристики гидравлической проводимости и набухаемости. Повышение температуры смеси до 40 °С приводит к снижению вязкости состава, что способствует сокращению продолжительности технологических перерывов до 60% за счет более быстрого схватывания состава.

На основе полученных экспериментальных данных проведен расчет оптимальных параметров нагнетания инъекционного состава при выполнении работ по устранению трещин несквозного характера и устройстве гидроизоляционной мембраны за обделочным пространством подземного сооружения (таблица 1 и таблица 2). Скорость подачи нагнетаемого состава должна быть достаточной, чтобы полностью заполнить фильтрующую полость. При этом на скорость подачи состава влияет его динамическая вязкость. Учитывая, что гидроизоляционные составы на основе бентонитовых глин имеют вязкость большую чем у воды, то необходимо иметь возможность производить нагнетание под значительным давлением. Предварительный нагрев инъекционного состава позволяет снизить величину давления нагнетания в среднем на 20% и осуществлять более щадящий режим нагнетания, что особенно важно при инъектировании состава в трещиноватые конструкции.

Таблица 1. Параметры нагнетания гидроизоляционного состава в зависимости от ширины раскрытия трещины и температуры смеси

Параметр	Ед. изм.	Величина параметра							
		при температуре состава 20°C				при температуре состава 40°C			
Коэффициент динамической вязкости гидроизоляционного состава	кПа·с	0,25				0,2			
Производительность насоса	м ³ /ч	0,4				0,4			
Глубина проникновения состава	мм	100				100			
Радиус инъекционного отверстия	мм	12				12			
Ширина раскрытия трещины	мм	4	6	8	10	4	6	8	10
Давление нагнетания гидроизоляционного состава	МПа	11,6	3,4	1,5	0,7	9,3	2,8	1,2	0,6

Таблица 2. Параметры нагнетания песчано-бентонитовых составов в зависимости от диаметра канала фильтрации и температуры смеси

Параметр	Ед. изм.	Величина параметра			
		при температуре состава 20°C		при температуре состава 40°C	
Высота столба воды	м	3		3	
Гидростатическое давление столба воды	МПа	2,9		2,9	
Коэффициент динамической вязкости	кПа·с	при температуре состава 20°C		при температуре состава 40°C	

гидроизоляционного состава		0,25				0,2			
Длина канала фильтрации	м	0,64				0,64			
Диаметр канала фильтрации	мм	15	20	25	30	15	20	25	30
Расход гидроизоляционного состава	$\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \cdot 10^{-7}$	4,2	5,6	6,9	8,4	4,2	5,6	6,9	8,4
Разница давлений	МПа	5,4	2,3	1,2	0,7	4,3	1,8	0,9	0,5
Давление нагнетания гидроизоляционного состава	МПа	8,3	5,2	4,1	3,6	7,2	4,7	3,8	3,4

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования позволили скорректировать оптимальные параметры инъектирования гидроизоляционного состава, ускорить процессы набухания глино-минерального состава за счет повышения температуры воды, используемой при затворении сухих смесей, и тем самым сократить продолжительность технологического процесса при устройстве гидроизоляционной мембраны за обделочным пространством подземного сооружения. В ходе экспериментальных исследований проведена оценка влияния содержания бентонитового глинопорошка и предварительного нагрева на характеристики гидравлической проводимости и набухаемости образцов песчано-бентонитовых смесей.

Предварительный нагрев песчано-бентонитовой смеси до 40°C приводит к снижению вязкости смеси, что способствует уменьшению величины давления нагнетания и, как результат, снижению величины силового воздействия на изолируемую конструкцию.

На основе полученных данных проведен расчет параметров нагнетания гидроизоляционных составов на основе песчано-бентонитовых смесей при выполнении работ по устранению трещин несквозного характера и устройстве инъекционной гидроизоляции подземных сооружений.

Практическая значимость работы состоит в разработке конкурентоспособной и экономичной технологии устройства инъекционной подземной гидроизоляции зданий и сооружений с учётом стесненных условий с рациональными технологическими параметрами [4-9], позволяющими повысить ремонтпригодность и долговечность эксплуатации конструкций зданий и сооружений, сократить сроки работ по выполнению ремонта при гидрозащите конструкций зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцев С.Д., Смирнова Н.В., Смирнов А.В. Применение теории надёжности для обеспечения эксплуатационных свойств гидроизоляционных систем подземной части зданий и сооружений // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 45-49
2. Ерофеев А.В., Мухортов П.А., Михайлов В.А. Влияние климатических факторов на теплофизические характеристики гибкого камня // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. – № 1-2 (240-241). – С. 46-50.
3. Zych J. Monitoring the thixotropic effect in water-clay slurry system used as a binder for moulding sands // Archives of Metallurgy and Materials. – 2007. – Vol. 52. pp. 435-440.
4. Смирнова Н.В. Алгоритм принятия решений по выбору гидроизоляции подземной части зданий и сооружений // Дни студенческой науки. 2017. С. 329-331.
5. Сокова С.Д., Смирнова Н.В., Смирнов А.В. Математический подход к решению проблемы выбора гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений // Научное обозрение. – 2017. – № 9. – С. 35-39.
6. Сокова С.Д., Смирнова Н.В., Смирнов А.В. Логико-вероятностный метод в оценке надежности гидроизоляционных систем подземных частей зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 6 (117). С. 748–755.

7. Смирнова Н.В. Оптимальные решения по защите подземных конструкций от агрессивного влияния внешних факторов// Дни студенческой науки. 2017. С. 219-223.
8. Сокова С.Д. Технология надёжной инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий/ Сокова С.Д., Смирнова Н.В.// Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы [Электронный ресурс]: сборник материалов Всероссийской научной конференции. – 2019. – С 494-497.
9. Serafima Sokova and Nadezhda Smirnova. Reliability assessment of waterproofing systems of buildings underground parts. Reliability assessment of waterproofing systems of buildings underground parts. 14.07.2018. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 052028

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТУРА СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С.М. Усиков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, UsikovSM@mgsu.ru

Аннотация

В практике конструирования водяных систем отопления часто применяется стальное оборудование – трубы, фитинги, отопительные приборы. Известно, что срок эксплуатации такого оборудования во многом зависит от качества теплоносителя, то есть его химического состава и количества разбавленного в нем воздуха. Кроме того, в процессе циркуляции теплоносителя будет происходить так называемое «зарастание» проходного сечения оборудования, где движется сам теплоноситель. Это вызывает увеличение скорости теплоносителя на участках системы, а также фактическое гидравлическое сопротивление в контуре. Изменение гидравлического сопротивления приводит к снижению количества возможного расхода циркулирующего в системе теплоносителя, что в первую очередь сказывается на тепловую отдачу отопительных приборов, то есть на комфорт в обслуживаемых помещениях здания. Помимо того, образование накипи, и окислов на внутренней поверхности отопительных приборов также уменьшит их фактическую теплоотдачу, и конечно же, фактический срок службы. Классические методы учета данных факторов имеют свои недостатки, так как в конструкции современных систем отопления появилась автоматическая регулирующая арматура, а в самих системах зачастую комбинируются стальные и неметаллические элементы. Автоматическая регулирующая арматура будет стараться оказывать возможное воздействие на гидравлический режим работы системы отопления, чтобы поддерживать комфортные условия в помещении, то есть сами потери давления и характеристика сопротивления системы будут нести переменный характер. В настоящей работе рассмотрены способы определения фактической характеристики сопротивления системы водяного отопления при многолетней эксплуатации, а также предложено техническое решение для косвенного мониторинга качества воды и состояния стальных элементов системы отопления. Предложенная конструкция позволяет минимальными затратами, в процессе всего жизненного цикла здания следить за изменениями в работе всей системы и, при интеграции с информационной моделью здания, передавать эксплуатирующей организации информацию о степени «загрязненности» системы, а также давать рекомендации по очистке, ремонту и замене оборудования системы.

ВВЕДЕНИЕ

Системы водяного отопления являются самым распространенным видом систем отопления в Российской Федерации, странах восточной Европы, а также в ряде северных азиатских стран. К системам отопления предъявляется огромное количество требований по обеспечению санитарно-гигиенических норм, пожарной безопасности, экономичности, требований дизайна. Но одним из самых важных требований является долговечность систем отопления. Срок эксплуатации систем отопления во многом зависит от материалов и оборудования, применяемых в системе отопления, от качества монтажа системы, условий её работы.

Современный уровень технологий позволяет применять в конструкции систем водяного отопления большое количество элементов из различных материалов. В настоящее время, наиболее распространенной конструкцией систем водяного отопления является комбинация стальных труб (теплопроводов) и отопительных приборов, выполненных из чугуна, алюминия, стали, меди. Кроме того, применяются биметаллические отопительные приборы, конструкция которых предполагает комбинацию двух материалов. Помимо стальных труб в современных системах отопления широкое распространение получили

медные, полипропиленовые, полиэтиленовые трубы и трубы из нержавеющей стали. Отдельно стоит отметить и арматуру, которая выполняется из чугуна, стали, латуни, нержавеющей стали.

Каждый из этих материалов подвержен в той или иной мере коррозии. Причем химическая коррозия поверхности элементов может наблюдаться как со стороны воздуха обслуживаемых помещений, так и со стороны теплоносителя (специально подготовленной воды, антифриза). Кроме того, в системах может наблюдаться и электрохимическая коррозия, которая может быть вызвана комбинированием в одной системе оборудования из различных материалов, или созданием анодной и катодной зон в связи с неравномерным распределением растворенного воздуха в теплоносителе системы.

В работа [1, 2] рассмотрено изменение гидравлических характеристик систем водяного отопления в зависимости от образования накипи и коррозии на внутренней поверхности труб, однако учитывается только уменьшение проходного сечения труб, а также не получена зависимость изменения характеристик от времени эксплуатации системы, а также её химического состава.

Изменение гидравлического сопротивления несомненно приведёт к уменьшению расхода теплоносителя, и, как следствие, к уменьшению теплоотдачи [3].

Сам процесс «зарастания» стальных поверхностей, находящихся в контакте с водой, очень подробно рассматривался для теплообменных поверхностей [4, 5, 6, 7]. Данные исследования действительно важны и для систем отопления, так как зарастание теплообменников приводит также к изменению и тепловых и гидравлических характеристик контура водяного отопления.

Изменение проходного сечения и шероховатости внутренней поверхности стальных элементов ведёт к изменению гидравлического сопротивления в системе отопления, что как правило, снижает фактический расход теплоносителя на головном участке, и соответственно во всей системе. Помимо этого, на поверхности пластин, пластинчатых теплообменников образуется дополнительный слой накипи, который не только уменьшает проходное сечение межпластинчатого расстояния, но и снижает коэффициент теплопередачи.

МЕТОДЫ

В данной работе аналитическим методом, на основе проведённых ранее исследований, получены зависимости характеристики сопротивления системы отопления, от химического состава воды.

Характеристикой сопротивления гидравлического контура, или участка, при турбулентном режиме течения жидкости, называется отношение потери давления в нем $\Delta P_{уч}$ Па, и квадрата массового расхода:

$$\Delta p_{уч} = S_{уч} G_{уч}^2, \quad (1)$$

где $G_{уч}$ — расход воды через участок, кг/ч; $S_{уч}$ — характеристики сопротивления участка, Па/(кг/ч)²:

$$S_{уч} = A_{уч} \left(\frac{\lambda}{d_b} l_{уч} + \sum \zeta_{уч} \right), \quad (2)$$

где λ — коэффициент гидравлического трения, определяемый по различным формулам в зависимости от режима течения и размера трубных участков; d_b — внутренний диаметр трубы, м; $A_{уч}$ — удельное гидродинамическое давление на участке, Па/(кг/ч)², определяемое по формуле:

$$A_{уч} = \frac{6,25 \cdot 10^{-8}}{\rho d_b^4}. \quad (3)$$

В практике эксплуатации классических систем отопления, в которой применяются только стальные трубы, используется следующая формула, для определения изменения потери давления в системе в зависимости от срока эксплуатации:

$$\Delta p_z / \Delta p_p = 0,6 + \alpha z^{0,38}, \quad (4)$$

где Δp_z , Δp_p — потери давления в системе отопления, соответственно, через z лет эксплуатации и расчётные, Па; α — коэффициент, зависящий от качества теплоносителя ($\alpha = 0,17$ для деаэрированной воды при содержании кислорода в ней до 0,1 мг/л и $\alpha = 0,65$ для недеаэрированной и смешанной воды при содержании кислорода 10 мг/л).

Видно, что применение коэффициента альфа не совсем точно отражает процесс коррозии и накипобразования, так как применяются лишь два значения данного коэффициента в зависимости только от содержания разбавленного воздуха, и то условно. Поэтому необходимо выявить остальные особенности химического состава теплоносителя, которые влияли бы на изменение проходного сечения оборудования системы отопления.

В любом случае данную удобную, для инженеров формулу предлагается оставить в исходной форме, внося уточнения только в значения самого коэффициента.

Согласно [8] пропускную способность Q_z , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{Па}^{0,5})$, для труб, прошедших период эксплуатации труб z , лет, можно определить по формуле:

$$Q_z = Q(1 - 0,01nz^m), \quad (5)$$

где Q_z — пропускная способность трубы перед эксплуатацией, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{Па}^{0,5})$; z — срок эксплуатации трубы, год; Q — пропускная способность трубы перед эксплуатацией, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{Па}^{0,5})$; n — эмпирические коэффициенты, зависящие от химического состава воды.

К сожалению, значение коэффициентов в справочной литературе приведено только для стальных труб диаметром от 150 мм, эксплуатирующихся на природной воде классифицируемой на 5 категорий, по химическому составу. Более точных исследований, для фактического изменения состояния труб в системах отопления нет.

Кроме того, изменение характеристики сопротивления, или пропускной способности местных сопротивлений в процессе эксплуатации также не исследовались, что также усложняет исследование предложенной темы.

После преобразования формулы (5), в котором происходил переход от понятия пропускной способности Q , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{Па}^{0,5})$, к характеристике сопротивления S , $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$, получена формула для изменения характеристики сопротивления системы:

$$S_z = \frac{S}{(1 - 0,01nz^m)^2}, \quad (6)$$

где S_z и S — характеристика сопротивления трубы системы после z , лет, эксплуатации и до эксплуатации, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$.

Используя формулу (4), надо помнить, что расчетные значения потери давления в системе базируются на гидравлическом расчете, где шероховатость труб принималась при некотором периоде эксплуатации. Поэтому, если мы хотим определить изменение характеристики сопротивления системы отопления с момента начала эксплуатации, то нам надо перейти к иной форме уравнения:

$$\Delta p_z / \Delta p = 0,6 + \alpha(\tau + z)^{0,38}, \quad (7)$$

где τ — срок достижения расчетной эквивалентной шероховатости, год, при которой $\Delta p_z / \Delta p_p = 1$; Δp — потери давления в системе в момент первого запуска системы, Па.

Если в уравнение (4) подставить значения коэффициента α и $\Delta p_z / \Delta p_p = 1$, то срок достижения расчетных значений составит 9,5 лет для деаэрированной воды и 0,28 для недеаэрированной и смешанной воды.

Если сделать предположение, что изменение характеристики сопротивления местных сопротивлений в процессе эксплуатации подчиняются такому же закону, как и для потерь давления по длине, то исходя из формул (6) и (7) можно получить следующее уравнение:

$$0,6 + \alpha(\tau + z)^{0,38} = \frac{1}{(1 - 0,01nz^m)^2}. \quad (8)$$

Проанализировав формулу (7), при использовании дэаэрированной и недэаэрированной воды, можем получить следующие значения коэффициентов n и m :

- для дэаэрированной воды $n = 1,13$, $m = 0,709$;
- для недэаэрированной воды $n = 12,17$, $m = 0,364$.

Подставляя данные значения в формулу (6), можно получить график зависимости характеристики сопротивления от срока эксплуатации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Если в головном участке системы отопления до и после источника теплоты установить датчики давления, а также расходомер (см. рис.1), либо использовать современные циркуляционные насосы, позволяющие с достаточной точностью измерять расход и развиваемый ими напор, то можно осуществлять мониторинг изменения характеристики сопротивления системы S_{co} , Па/(кг/ч)², подставляя измеренные значения в формулу вида:

$$S_{co} = \Delta p_{co} / G_{co}^2, \quad (9)$$

где Δp_{co} — фактический измеренный перепад давления в системе, Па; G_{co} — фактический измеренный расход теплоносителя в системе, кг/ч.

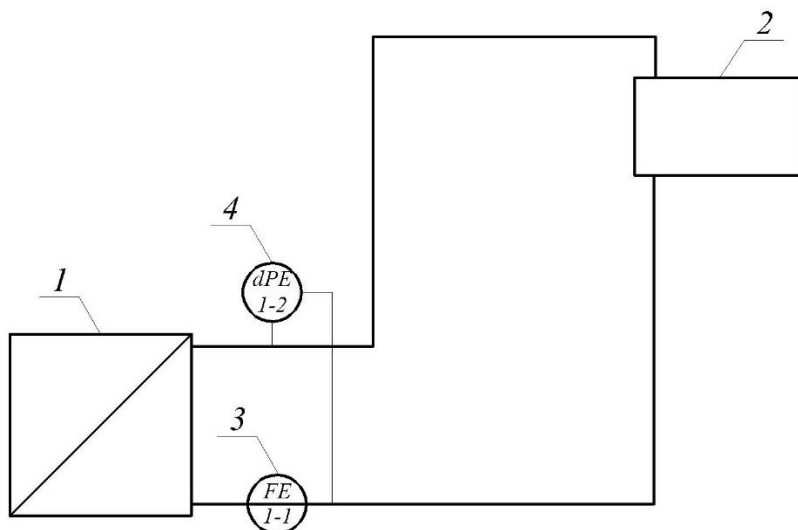


Рис. 1. Принципиальная схема установки измерителей:
 1 – источник тепловой энергии; 2 – система отопления;
 3 – расходомер; 4 – датчик перепада давления

Далее сопоставляя, полученную величину S_{co} , с прогнозируемой для, дэаэрированной воды можно получить отклонение, которое будет говорить, о достаточном, или недостаточном качестве теплоносителя в системе. Кроме того, проведя несколько замеров, с достаточной периодичностью, на основании формулы (6) можно получить уточненные коэффициенты n и m для типа воды, которые позволят дать прогноз по дальнейшему увеличению сопротивления системы.

В настоящее время, в практике проектирования используются циркуляционные насосы, с частотным регулированием. Причём в их настройке существует функция постоянного поддержания напора. Это упрощает наладку системы, обеспечивая при заданном напоре проектный расход. Однако, как было отмечено ранее, сопротивление системы увеличивается в процессе эксплуатации, что приводит к увеличению потери давления, если мы соблюдаем условие постоянного расхода. Но, поскольку насос поддерживает постоянный напор, то,

очевидно, что расход воды (см. формулу 9), циркулирующей в системе начнёт снижаться. Снижение расхода приведёт к недостаточности передачи тепловой энергии обслуживаемым помещениям, и ухудшению условий микроклимата, либо значительной перерегулировки системы с переменным гидравлическим режимом работы.

Согласно формулам (6) и (9), при условии, что насос поддерживает постоянный напор (в данном случае постоянный перепад давления в системе), можно получить следующую формулу для оценки снижения расхода теплоносителя в системе:

$$\frac{G_z}{G} = 1 - 0,01nz^m, \quad (10)$$

где G_z – расход теплоносителя в системе, после z , лет, эксплуатации системы, кг/ч; G – расход теплоносителя согласно проекту, или в момент первого запуска системы, кг/ч.

Таким образом, зная коэффициенты n и m , можно спрогнозировать, зависимость изменения расхода от времени эксплуатации. Например, для принятых ранее значений данных коэффициентов, по формуле (10) можно построить графики (рис. 2 и рис. 3).

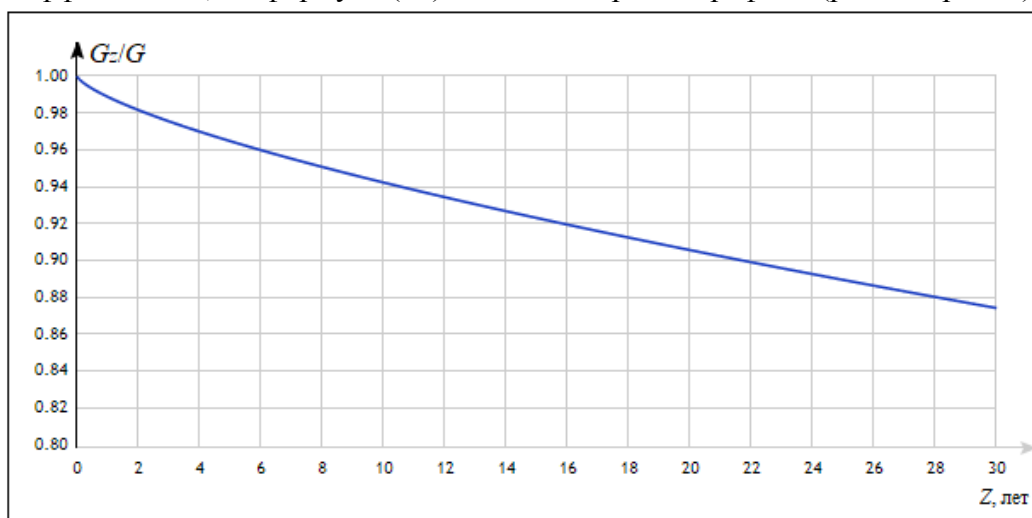


Рис. 2. Изменение расхода теплоносителя в системе, в зависимости от срока эксплуатации на дэаэрированной воде

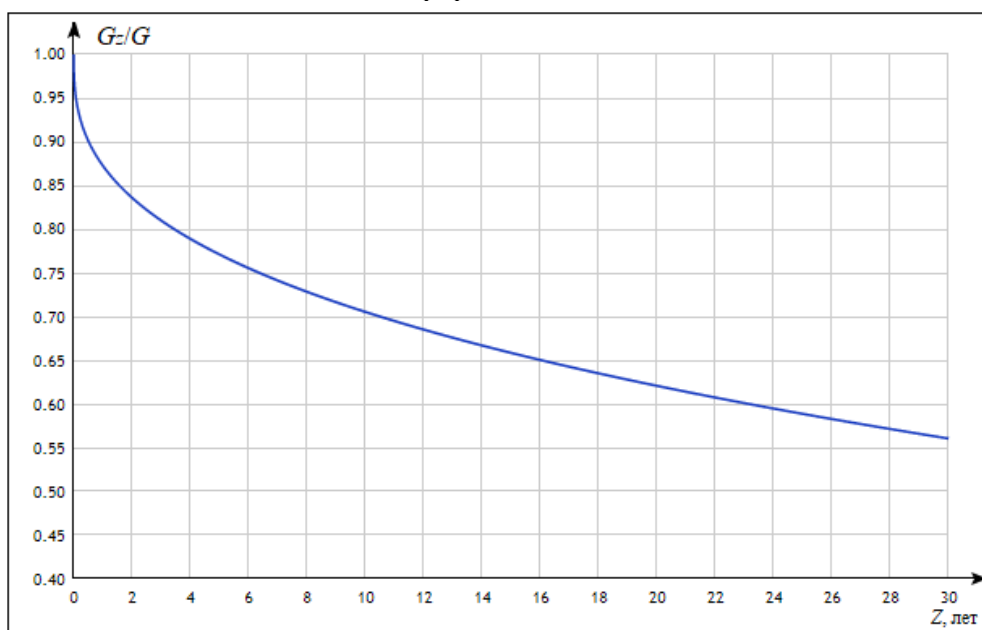


Рис. 3. Изменение расхода теплоносителя в системе, в зависимости от срока эксплуатации на недэаэрированной воде

Из графиков видно, что при использовании качественной, специально подготовленной воды, без проведения процедуры корректировки развиваемого насосом напора, расход теплоносителя сократится только на 13 % от расчётного, что, конечно, скажется на тепло-гидравлическом режиме работы системы, а также на тепловых условиях в обсуживаемых помещениях, но не критично.

А вот при использовании воды более низкого качества (например, водопроводная вода), мы видим, что расход теплоносителя может снизиться на значительных 15 %, уже менее, чем за 2 года эксплуатации, а по истечению 25-летнего срока эксплуатации более чем на 40 %.

ВЫВОДЫ

По результатам проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

1. Получена формула, отражающая процесс изменения характеристики сопротивления системы водяного отопления со временем её эксплуатации, в зависимости от химического состава теплоносителя.
2. Необходимо проведение настройки режима работы циркуляционных насосов в зависимости от срока эксплуатации системы отопления. При невыполнении настройки фактический расход теплоносителя в системе может снижаться в значительной мере.
3. Предложена схема установки дополнительных измерителей в системе отопления, для возможности прогнозирования степени «загрязнённости» системы отопления, а также оценки качества эксплуатируемого теплоносителя без проведения определения его химического состава.

Однако, предложенная методика имеет и некоторые неточности. Во-первых, введено допущение, что процесс коррозии и накипобразования проходит равномерно по всем элементам системы, а также закон изменения характеристики сопротивления местных сопротивлений и труб изменяются одинаково пропорционально, в зависимости от срока эксплуатации, что, конечно, требует уточнения. Во-вторых, не учтена зависимость изменения характеристики сопротивления системы от видов промывки системы отопления.

С учётом данных недостатков, после проведения достаточного количества исследований, данную методику и набор измерительного оборудования рекомендуется для применения в эксплуатации систем отопления, для осуществления прогнозирования срока службы систем водяного отопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минко В.А., Семенов А.С., Гунько И.В., Елистратова Ю.В. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2014. №5. С.32—35.
2. Минко В.А., Семенов А.С., Гунько И.В., Елистратова Ю.В., Колица Л.Н., Ткач Л.В. Влияние накипи на работу систем отопления // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2014. № 6. С.21—23.
3. Усиков С.М. Диапазон регулирования теплоотдачи отопительных приборов при количественном автоматическом регулировании // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т.9. № 3. С. 34—42.
4. Клименюк И. В., Арапко А. А. Процесс образования отложений на теплообменных поверхностях // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. 2011. № 1(6). С. 144—152.
5. Товажнянский Л. Л., Капустенко П. А. К вопросу о загрязнениях поверхности теплопередачи пластинчатых теплообменников // Известия ВУЗов. Энергетика, 1984. № 6. С.101—102.
6. Hans Müller-Steinhagen .C4 Fouling of Heat Exchanger Surfaces. // VDI e. V. (eds) VDI Heat Atlas. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010. Pp.79-104.
7. Hesselgreaves J. E. Compact heat exchangers. Selection, Desing and Operation // An Imprint of Elsevier Science. 2001. 437 p.
8. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: изд. 2-е перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1975. — 560 с.

ЦИФРОВАЯ МОДУЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ВОЗДУШНОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В МАЛОЭТАЖНЫХ СТРОЕНИЯХ

С.В. Федосов¹, В.Н. Федосеев², И.А. Зайцева²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, fedosov-academic53@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», 153000, Иваново, Шереметевский пр-кт, 21, 4932421318@mail.ru; 75zss@rambler.ru

Аннотация

Использование воздушных тепловых насосов вместе с другими устройствами возобновляемых источников энергии и высокоэффективным отопительным оборудованием вместе с цифровыми системами управления – перспективная европейская тенденция, которая продолжает усиливаться в условиях удорожания традиционных энергоносителей.

В статье представлен ряд технических энергосберегающих решений таких как, камера смешения для ВТН, встроенная в систему теплоснабжения использование приточно-вытяжной вентиляционной системы, в которой заложен принцип рекуперации.

Предлагается цифровая модульно-функционально-структурная схематеплогенерации теплоносителя из окружающей среды. Опираясь на энергоэффективность схемного решения с электродкотлом, буферной емкостью и запатентованной смесительной камерой, авторы добиваются рационально-управляемого тепловоздухообмена комбинированной теплонасосной системы отопления помещений. Автоматизация совместной работы рационально подобранных элементов теплонасоснойвоздушнойсистемы является одной из технологий «Умного дома», которые обеспечивают повышение эффективности теплоснабжения, создание комфортных условий проживания и безопасности за счет цифровизацииалгоритма управления данной системой.

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в десятки раз возрос спрос на рынке воздушно-тепловых насосов (ВТН) в Европейских и Скандинавских странах, климат которых можно назвать умеренно холодным. В официальном рейтинге стран с относительно холодным климатом России принадлежит первое место. Поэтому актуальным остаётся вопрос о возможном и эффективном применении воздушных тепловых насосов в климатических условиях на территории большей части РФ.

Необходимо отметить, что в практике строительства энергоэффективных зданий вопросами энергосберегающих технологий, микроклимата и воздухообмена в отечественной науке и инженерных исследованиях занимались такие известные ученые России как: чл.-корр. РААСН, профессор.д.т.н. Ю.А. Табунщиков, профессор д.т.н. Г.П. Васильев, профессор Бродач М.М., профессор Шилкин Н.В.[4, 8].

В современных условиях, продолжая традиции ресурсо-, энергосбережения актуальным становится разработка и практические решения применения ВТН на основе цифрового компьютерного управления.

Отличительной чертой применения ВТН является то, что в качестве источника низкопотенциального тепла используют окружающий воздух. В случае установки такого устройства ВТН на улице, его использование становится слабо эффективным особенно при низкой температуре наружного воздуха.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторы данной работы, используя экспериментально-научную лабораторию, на базе которой исследовали и применили современные технологические решения и запатентованное

устройство – камеру смешения, встроенную в котельную [6, 7], что позволило увеличить эффективность и производительность тепланасосной системы, в частности за счет смесительной камеры, в которую включена схема воздухообмена с рекуперацией. Реализовывая эксперимент в малоэтажном жилом доме, был установлен комбинированный тепловой насос [9], встроенный в помещении, с функцией теплого пола (рис. 1).

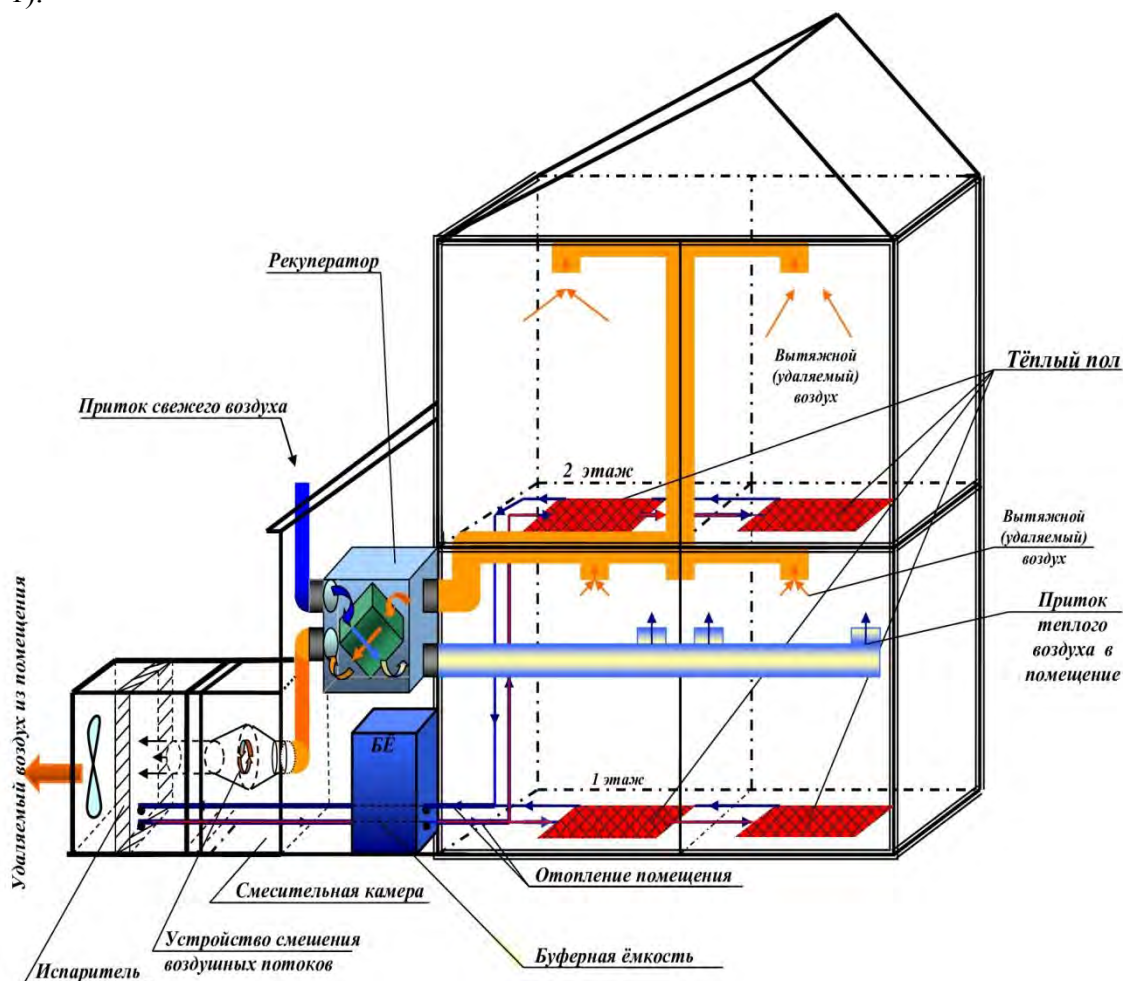


Рис. 1. Комбинированная теплонасосная система теплоснабжения

Экспериментальная комбинированная система теплоснабжения состоит из теплового насоса типа «воздух – вода» [5], электрического ТЭНа, аккумулирующей буферной ёмкости объёмом 200 литров, системой воздухопроводов с рекуператором.

Электрический ТЭН с плавно регулируемой электрической мощностью от 0,1кВт до 5кВт на базе ШИМ-регулятора, встроенного в контроллер ВТН для поддержания рабочей температуры в буферной емкости в наиболее холодные дни при температуре от -15°C до -30°C

Буферная накопительная емкость в такой комбинированной отопительной системе выполняет функцию гидравлической развязки объемных потоков источника тепла и отопления, выравнивает момент перепада включения/выключения электрической энергии, компенсируя теплопроизводительность генератора тепла и потребителя тепла, и в то же время выполняет частичное перекрытие тарифных периодов электроэнергии.

Важным технически полезным решением авторов явилась разработка камеры смешения для ВТН, встроенной в систему ВТН – котельная, работа которой обеспечивает подачу равновесного напора воздушной смеси на теплообменник – испаритель ВТН.

Само устройство смешения воздушных потоков (рис.2) работает следующим образом. Поток воздуха при движении по входному патрубку воздуховода 1 попадает в камеру, выполненную в форме капсулы виде полусферы 3, соединенной с большим основанием усеченного конуса 4. Где при попадании в полусферу 3 обеспечивается переход потока из ламинарного течения воздуха в турбулентное и меняет скорость с большей на меньшую. Затем происходит подача через патрубок для подачи дополнительного потока воздуха 2 под углом в пределах $0 \leq \alpha \leq 90$ к вертикали. За счет попадания воздуха через патрубок для подачи дополнительного потока 2 в зону турбулентности повышается интенсивность перемешивания потока из входного патрубка воздуховода 1 и потока из патрубка для подачи дополнительного потока 2.

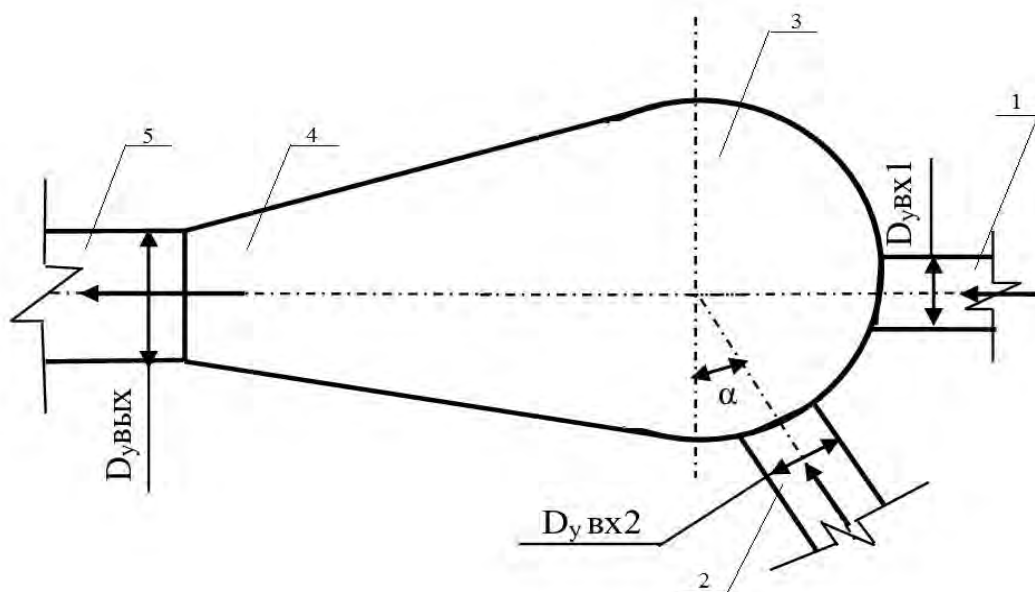


Рис.2. Устройство для смешения газовых потоков

Предложенное средство позволяет повысить равновесную интенсивность перемешивания, улучшая условия теплообмена.

Еще одним важным энергосберегающим решением для совместной работы смесительной камеры и котельной явилось предложение использовать приточно-вытяжную вентиляционную систему, в которой заложен принцип рекуперации, то есть процесс, при котором из отработанного воздуха возвращается часть тепла (рис. 3).

Рассматривая такую специфику режима воздухообмена ВТН с элементом рекуперации, определяем функциональные возможности системы теплообмена, работающей через котельную и воздухопроводы помещения. Конструктивно рекуператор располагается в замкнутом помещении теплового узла (котельной) с привязкой с одной стороны воздухопроводами к ВТН – на испаритель, с другой обеспечивает через воздухопроводы помещение слегка нагретым свежим воздухом. Технология использования такой конфигурации воздухопроводов с рекуперацией, позволяет дополнительно обеспечить эффективный рост тепловой мощности ВТН в режиме отопления помещений в условиях умеренно холодного климата.

Для практического расчета эффективной температуры подаваемого смешанного воздуха на испаритель теплового насоса применяем инженерный метод расчета, основанный на влиянии процентного соотношения температур по формуле «улица – помещение». Воспользуемся решением для частного случая из уравнения сохранения теплового баланса для определения температуры относительно теплого потока воздуха, удаляемого из помещения и подаваемого на испаритель ВТН [2].

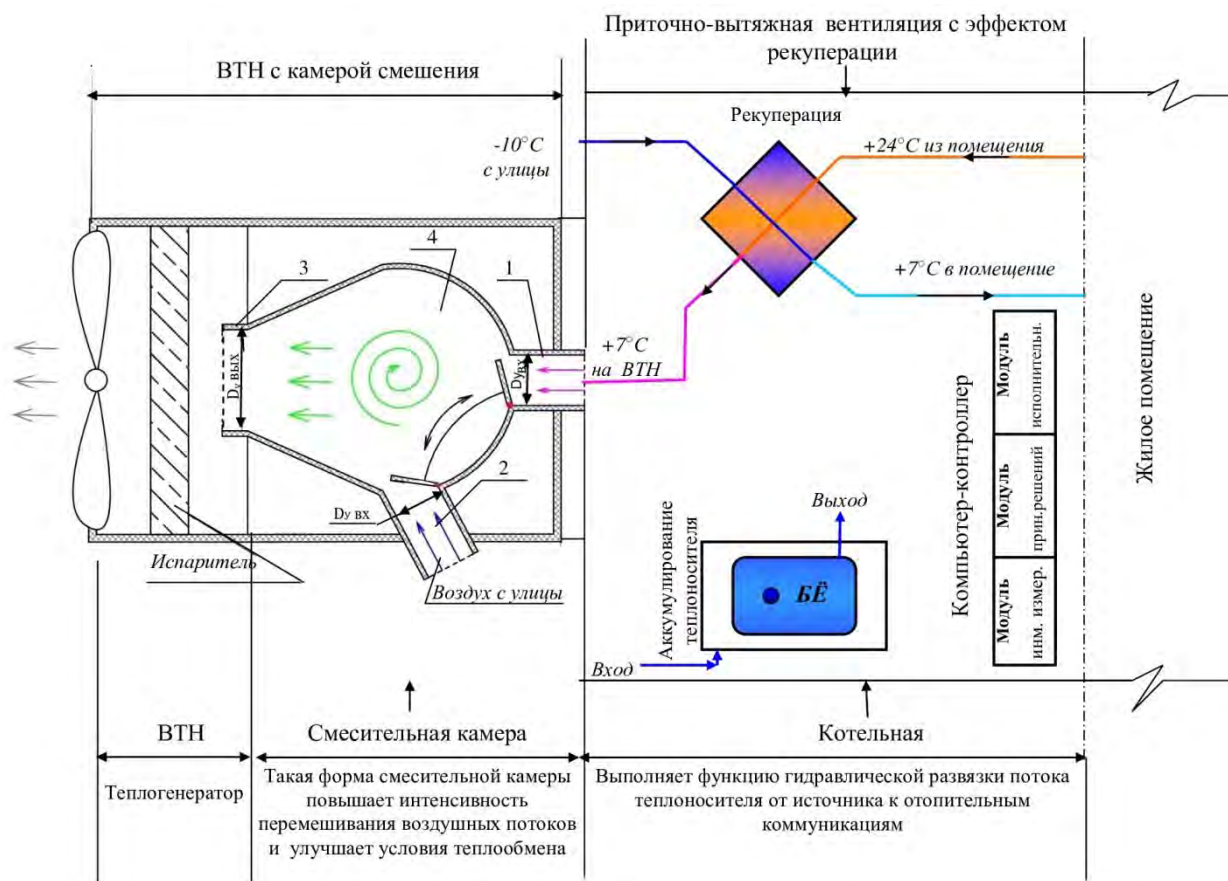


Рис. 3. Эффективная система воздухообмена ВТН со встроенной смесительной камерой (патент №185689)

То есть, как пример, подбирая рекуператор с η (к.п.д) = 50%, получаем температуру смешенного потока воздуха, подаваемого на испаритель:

$$\frac{\eta \times t_1 + \eta \times t_2}{100} = \frac{50 \times 24^{\circ}\text{C} + 50 \times (-10^{\circ}\text{C})}{100} = \frac{(1200 - 500)^{\circ}\text{C}}{100} = 7^{\circ}\text{C}$$

где $t_1 = 24^{\circ}\text{C}$ – температура в помещении;

$t_2 = -10^{\circ}\text{C}$ – температура наружного воздуха.

В таких условиях, исходя из основной цели создания энергоэффективного отопления, получаем систему воздухообмена экономически выгодную для теплогенератора ВТН.

Покидая помещение, тёплый воздух частично нагревает встречный холодный поток в теплообменной системе и согласно конфигурации, выходит, как отработанный по направляющим воздуховода, в смесительную камеру на испаритель и далее через ВТН на улицу, а в помещение попадает частично уже нагретый рекуперационный воздух.

Пользуясь значениями КПД рекуператора, в России по климатическим условиям, они ближе всего подходит к финскому климату. В Финляндии до приема в эксплуатацию воздуховода с рекуперацией после испытаний оперируют годовым коэффициентом регенерации, который сохраняется для г. Хельсинки и Лапландии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В реальных условиях эксперимента проводились длительные объёмные исследования по отработке данного технологического процесса. На рис. 4 представлено, насколько эффективнее работает рециркуляционный тепловой насос с элементом рекуперации (РВТНР) и встроенной смесительной камерой [3]. В этих условиях «порог» экономии (убытков) не

наступает до температуры воздуха на улице -15°C при теплоносителе (воды) от $+30^{\circ}\text{C}$ до $+45^{\circ}\text{C}$.

Рециркуляционный воздушный тепловой насос в составе с электродкотлом, которым управляет ШИМ - регулятор, смесительной камерой – с естественным и принудительным управлением заслонками и буферной ёмкостью с гидрострелкой, обеспечивающей подачу и распределение теплоносителя отапливая помещение в то же время через теплый пол или фанкойл в режиме коммутации (вкл/выкл). БЁ выполняет функции сглаживания колебаний температуры теплоносителя. Датчик температуры теплоносителя, установленный в буферной ёмкости, получающий сигнал с термостата температуры помещения, подаёт сигнал на включение/отключение модуля управления ВТН.

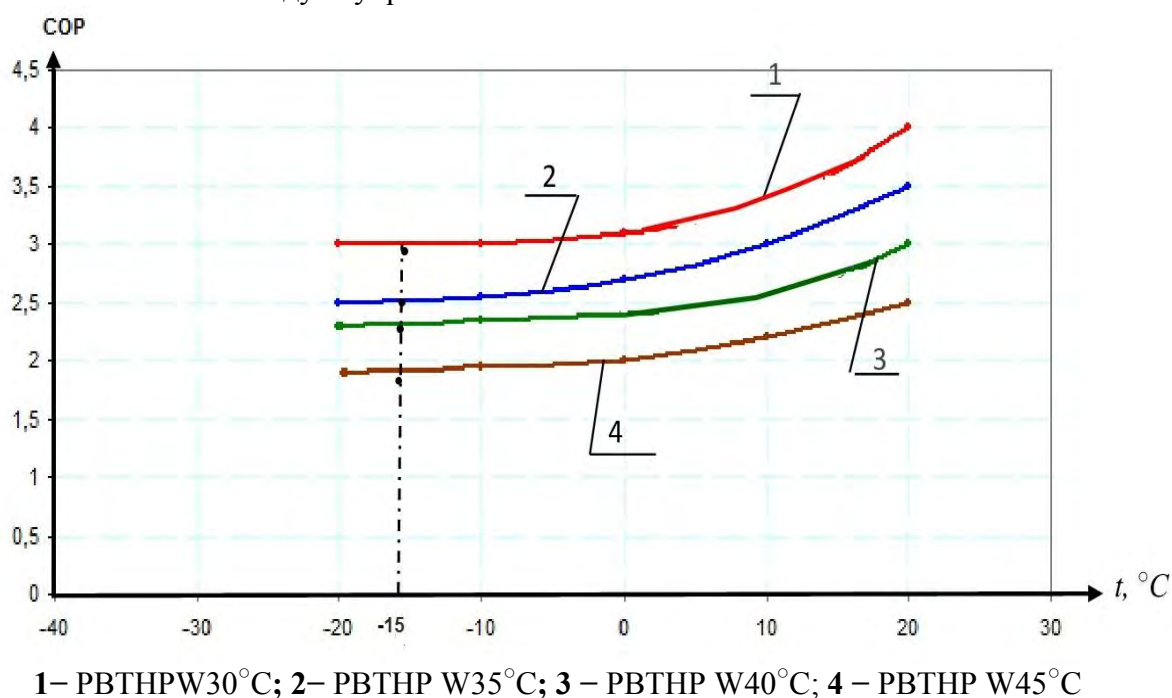


Рис. 4. График работы рециркуляционного воздушного теплового насоса с рекуперацией и встроенной смесительной камерой

Работа оборудования данной комбинированной системы теплоснабжения регулируется единым автоматизированным модулем управления [1], цифровое схемное решение, которого приемлемо для различных климатических условий с относительно холодным климатом (рис. 5).

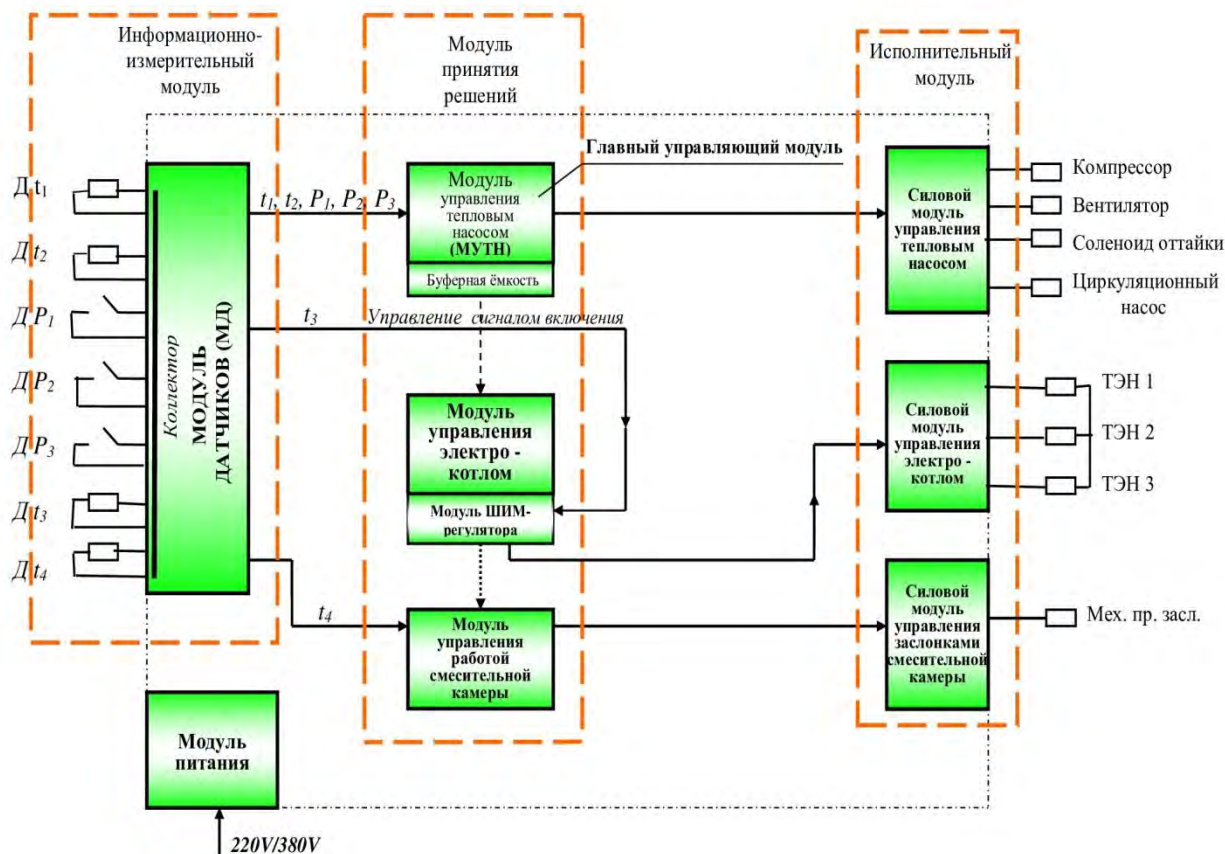


Рис. 5. Цифровая технологическая модель управления теплообменом через воздушный тепловой насос в малоэтажном строении

Установленный цифровой модуль управления считывает данные со всех температурных датчиков (табл. 1), анализирует информацию и соответственно реагирует.

Таблица 1.

<u>Датчик 1 – D/t₁</u>	Установлен в буферной ёмкости. Сигнал поступает в модуль управления ВТН, при изменении граничных значений установленной температуры и выходной тепловой мощности ВТН. ВТН включается или выключается.
<u>Датчик 2 – D/t₂</u>	Установлен на испарителе. Сигнал поступает в МУТН, согласно соответствующим параметрам при изменении установленных значений параметров. Согласно параметрам вентилятор, обдувающий испаритель, изменяет скорость вращения.
<u>P₁, P₂, P₃</u>	Датчики защиты компрессора. В нормальном рабочем состоянии контакты замкнуты. При превышении или понижении заданных параметров, контакты датчиков размыкаются, что приводит к остановке компрессора.
<u>Датчик 2 – D/t₃</u>	Установлен на улице и даёт сигнал состояния температуры на модуль ШИМ– регулятора электрокотла. Модуль ШИМ – регулятор имеет свою программу – настройку управления электрокотлом.
<u>Датчик 2 – D/t₄</u>	Установлен в объёмной смесительной камере и даёт сигнал на модуль управления работой смесительной камеры. Программная настройка, которой защита на 10°С, реагируя на изменение температуры внутри смесительной камеры. Назначение механизма заслонок – реакция на

изменение процентного соотношения поступающего воздуха с улицы и из помещения, обеспечивая получение нужной температуры на испаритель.
--

В зависимости от изменения наружной температуры воздуха цифровая система управления компьютер – контроллер будет реагировать в программно установленной последовательности через соответствующие датчики и контроллер на систему обеспечения постоянства заданной температуры внутри аккумулирующей буферной емкости.

ВЫВОДЫ

Таким образом, алгоритм работы комбинированной теплонасосной установки определяет оптимальные условия теплоснабжения с целью обеспечения наилучшей теплопроизводительности при минимальном собственном электропотреблении.

Используя современные информационно-цифровые решения, появляются широкие функциональные возможности технологического контроля и управления температурно-влажностным состоянием в помещении строения. Цифровой модуль распознавания параметров данного технологического процесса ВТН позволяет обеспечить регулирование попеременного расхода теплого воздуха, реализовывая этот процесс через компьютер – контроллер на исполнительные механизмы системы воздухообмена как вручную, так и автоматически. Такая цифровизация при принятии решения исполнителем позволяет снизить излишнюю тепловую и электрическую нагрузку, а также минимизировать объем, площадь котельной и коммуникации воздухообмена. В результате принятия таких решений снижаются стоимость и габариты помещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Воронов В.А. Автоматизация функционально-структурной схемы теплообеспечения текстильного малоэтажного строения. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 2 (368). С. 335-337.
2. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Воронов В.А., Емелин В.А. Теплотери и теплоприток при совместной работе смесительной камеры и воздушно-теплого насоса в малоэтажных строениях / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 209-213.
3. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Виноградова Н.В., Емелин В.А., Воронов В.А. Сравнительный анализ комбинированных режимов работы ВТН для малоэтажных строений в текстильной отрасли // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2017. № 5 (371). С. 324-328.
4. Васильев Г.П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 /АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2002. № 4, С. 10-18.
5. Инструкция по эксплуатации теплового насоса с передачей тепла от воздуха к воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf.
6. Патент РФ 174083. Тепловой насос / Федосеев В.Н., Емелин В.А., Воронов В.А., Острякова Ю.Е., Свиридов И.А.; Заявл. от 09.01.2017. Оpubл. 29.09.2017. Бюл. №28.
7. Патент РФ № 185689. Средство для смешения газовых потоков / Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Емелин В.А., Воронов В.А., Свиридов И.А.; Заявл. От 24.01. 2018, Оpubл. 13.12.2018. Бюл. № 35.
8. Табунщиков А.Ю., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2002. – 194с: ил.
9. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Емелин В.А. Высокотехнологическая система воздушного теплового насоса «три в одном» для малоэтажных и коттеджных строений. ПРИБОРЫ. 2020. №2 (236). С. 49-53.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ МАЛЫХ ГОРОДОВ И СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

П.А. Хаванов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, HavanovPA@mgsu.ru

Аннотация

Реконструкция существующих систем теплоснабжения объектов ЖКХ в малых городах и сельских населенных пунктах в настоящее время одна из наиболее остро стоящих задач в строительном комплексе РФ. В статье рассмотрены системы теплоснабжения с учетом потребителей, тепловые сети и источники теплоснабжения, как основные принципы разработки мероприятий по реконструкции элементов системы.

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть территории РФ относится к холодной климатической зоне, в которой в настоящее время активно ведется новое строительство в городах и селах. Потребление энергетических ресурсов в таких районах значительное на коммунальные цели [1, 2].

В целях модернизации и повышения энергетической эффективности объектов ЖКХ необходимо решить следующие задачи [3, 4]:

- обеспечение благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в сферу ЖКХ;
- ликвидация неэффективного управления объектами ЖКХ, осуществляемого унитарными предприятиями;
- переход на использование наиболее эффективных технологий, применяемых при модернизации (строительстве, создании) объектов коммунальной инфраструктуры;
- переход на долгосрочное тарифное регулирование в сферах теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, в том числе в условиях действия требования об обязательном учете при формировании тарифа гарантирующей организации, оказывающей услуги в сфере водоснабжения и водоотведения, расчётной предпринимательской прибыли в размере 5 %;
- обеспечение работы механизма долгосрочного регулирования совокупного платежа гражданина за коммунальные услуги, исключающего необоснованный рост платы граждан за коммунальные услуги и обеспечивающего предсказуемость для регулируемых организаций и частного инвестора федеральных ограничений при установлении тарифов;
- совершенствование механизма выявления и оформления прав на бесхозные объекты ЖКХ, в том числе стимулирование к этой деятельности органов местного самоуправления, на территории которых выявляются такие объекты.

Малые инженерные комплексы этих систем теплоснабжения эксплуатируемых зданий, зачастую, устаревшие, изношенные, выработавшие свой ресурс, не обеспечивающие современные требования по энергоэффективности и энергосбережению.

На данный момент известно, что ежегодно новое жилищное строительство приходится на 2,5% существующего жилья. И можно сделать вывод, что с учетом нового строительства максимальное энергосбережение за 10 лет будет равно около 8%.

Если продолжать мероприятия по реконструкции и модернизации эксплуатируемых зданий, а также систем теплоснабжения, то можно обеспечить около 2-х кратного снижения энергопотребления, то есть для средней полосы РФ на 1 тысячу м² метров жилья это составит около 30 Т.У.Т. в год. Особое внимание хочется обратить на то, что в коммунальной энергетике в окружающую среду попадают все энергозатраты направлены на удовлетворение запросов населения («полезные» затраты) и все потери. Поэтому важно

говоря об энергосбережении, снижать разного рода потери и эксплуатационный износ при реконструкции и модернизации системы в целом [5].

С одной стороны может показаться достаточно простым вопрос реконструкции и модернизации комплекса оборудования, но с другой стороны этот процесс включает в себя ряд трудностей, связанный с разработкой перечня, объема мероприятий и планированием работ. Поэтому, в рамках данной публикации не представляется возможным выработать единую стратегию и рекомендации по планированию перечня и последовательности выполнения работ, но в то же время, показать наиболее важные факторы и особенности организации реконструкции и модернизации систем энергообеспечения ЖКХ. Поскольку территория РФ имеет значительно протяженную площадь с различными климатическими характеристиками, различными социальными условиями, различными энергоресурсами и промышленного производства.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Особое значение в определении методики проведения комплекса энергосберегающих мероприятий имеют региональные различия. Необходимо во всех случаях четко ориентироваться и понимать, что в результате осуществления мероприятий по энергосбережению [6] реализуются только два материальных фактора – это высвобождение энергетических мощностей (за счет снижения энергопотребления) и высвобождение топливных ресурсов (за счет снижения разного рода потерь). Системы теплоснабжения комплекса ЖКХ сельских населенных пунктов советского периода были основаны на применении инженерных решений, принципы которых лишь частично ориентировались на экономию тепловой энергии при ее выработке и потреблении. В общем виде структура централизованной коммунальной системы энергообеспечения предполагает последовательную технологическую цепочку: источник теплоты, тепловые сети, узлы коммуникаций (ЦТП; ИТП) зданий, коттеджей и сооружений. И соответственно говоря о модернизации и реконструкции мы имеем в виду степень эффективности этих мероприятий в отдельных элементах системы при генерации, транспорте и потреблении энергии. Так экономия энергии у потребителя, например на $\delta = 20\%$, обеспечит соответственно экономию энергии и в том же размере, то есть $\delta = 20\%$, и в транспортной системе, и в источнике теплоты, таким образом общее снижение энергопотребления системы составит $\Sigma \delta = 20\%$. Экономия же энергии (тех же $\delta = 20\%$) в источнике, казалось бы головном элементе системы, дает экономию энергоресурсов от снижения потерь в источнике, оцениваемых величиной $(1-\eta_{ист})$, т.е. общий эффект по системе в целом составит $\Sigma \delta = \delta (1-\eta_{ист})$; (в ориентировочной оценке для данного примера $\delta = 20\%$, при $\eta_{ист} = 0,9$ - суммарная экономия по системе в целом составит: $\Sigma \delta = 20\% \cdot (1-0,9) = 2\%$). И когда мы говорим о модернизации зданий и инженерной инфраструктуры, то важно учитывать приведут ли изменения в различных компонентах к таким же, или частичным изменениям во всей системе. Однако, оценивая влияние мероприятий на загрязнение окружающей среды следует учитывать не только тепловое «загрязнение», но и прямые выбросы загрязняющих веществ характерных для источников теплоты.

В комплексе мероприятий необходимо учесть текущее изменение жилого и производственного фонда, которое на энергоисточниках и в сетевом хозяйстве приводит к их перегрузке (редко к недогрузке) неоптимальным режимам эксплуатации изношенности и моральному старению.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении работ по реконструкции в сфере систем энергообеспечения, необходимо в первую очередь уделить внимание восстановлению безопасности функционирования таких систем, а также их надежности. Однако, при этом надо учитывать множество факторов присущих конкретному объекту реконструкции. Это может быть различные условия по

плотности застройки и теплоплотности районов, учет приоритетности выработки электрической энергии для обслуживаемых объектов и прочее.

Также в каждом случае надо учитывать специфику развития жилого фонда. Ведь, как правило, встречаются комбинированные виды застройки, новыми и уже эксплуатируемыми зданиями, с разными теплозащитными характеристиками.

Как отмечалось ранее, возведение новых объектов жилого фонда, хоть и влияет на реконструкцию и дополнительную модернизацию существующих сетей, однако, в незначительном объеме. Поэтому определяющим фактором, учитывая современное состояние тепловой инженерной инфраструктуры, характеризующейся значительным эксплуатационным износом, является именно восстановление существующих систем и увеличение уровня их энергетической эффективности [7] (сокращению путевых расходов теплоты, повышение качества регулирования, увеличение КПД источников теплоты), надежности и безопасности. При этом, говорить о экономической выгоде при проведении реконструкции, достаточно сложно, так как в ряде случаев требуется срочная реконструкция, и экономический эффект можно просчитать только, учитывая возможность повреждения не только самих сетей, но и окружающих территорий, потребителей, производственных процессов и прочее, что фактически несет вероятностный и неоднозначный характер. При этом, сам процесс реконструкции систем теплоснабжения связан со значительными инвестиционными затратами.

Вообще процесс реконструкции системы теплоснабжения является продолжительным, многоступенчатым процессом [8], ограниченным во временном факторе.

Во-первых, обслуживаемые объекты должны получать необходимое количество теплоты в течение отопительного сезона, а если говорить еще и о цикле функционирования систем горячего водоснабжения, то это оно несет круглогодичным фактор, с перерывом на ремонтные работы не более 14 суток в году. Это значит, что проведение глобального отключения системы теплоснабжения и её полная реконструкция просто невозможны.

Во-вторых, реальные сроки реконструкции системы могут длиться несколько отопительных сезонов (от двух и более), что может привести к сложным организационным процессам, и возможному увеличению конечной стоимости работ.

В-третьих, системы теплоснабжения содержат множество элементов – источники тепловой энергии, тепловые сети, центральные тепловые пункты, индивидуальные тепловые пункты потребителей. Обычно, при полной реконструкции начинают с источников теплоты и далее по цепочке к потребителю. Но в каждом из элементов есть своя специфика, а значит требуется привлечение разнообразного персонала, видов строительной техники, а также инженеров, что снова усложняет процесс организации, и влечет за собой высокие суммарные стоимости работ. На каждом из этапов, необходимо в первую очередь учитывать достигаемый эффект от его реализации, сроки проведения работ и время по отношению к отопительному периоду, а также долю инвестиционных вложений по отношению ко всему объему инвестиций на реконструкцию.

Проведение всего цикла реконструкции систем теплоснабжения практически невозможно только за счет государственных средств. При этом привлечение частных инвестиций не выглядит достаточно привлекательным для инвесторов, так как несет в себе определенные риски.

Законодательная база предусматривает привлечение инвестиций на цели модернизации (реконструкции) коммунальной инфраструктуры и их гарантированный возврат только через тарифные источники в соответствии с законом № 210-ФЗ «Об основах регулирования тарифов организаций коммунального комплекса». В итоге, можно сказать, что все инвестиционные затраты на реконструкцию сетей в конечном итоге должен будет оплатить сам потребитель, а это приводит к удорожанию тарифов на теплоснабжение.

В условиях регулярных кризисов разного характера, платежеспособность населения снижается, и это однозначно влияет на возможности проведения мероприятий модернизации

и реконструкции тепловых сетей. Не обеспечивается в будущем «экономическая» и «физическая» доступность коммунальных услуг потребителям при использовании традиционной технологии реконструкции и модернизации систем теплоснабжения за счет замены оборудования источника теплоснабжения или строительства новой модульной котельной. Кроме того, не гарантируется возврат инвестиций через инвестиционную составляющую и получение инвесторами обоснованной доходности на инвестированный капитал. Расчеты показывают, что во многих регионах страны действующие тарифы не обеспечивают «расчетную» себестоимость отпускаемой тепловой энергии, коммунальные службы работают на дотациях из региональных и местных бюджетов. В то же время коммерческие расчеты за потребленную тепловую энергию через удельные расходы на 1 квадратный метр отапливаемой площади, как правило, в 1,5–2 раза выше фактически потребленной тепловой энергии.

Таким образом, реконструкция систем теплоснабжения и жилого фонда должна проводиться с учетом применения энергосберегающих мероприятий, то есть снижения себестоимости самой тепловой энергии, с условием сохранения действующего тарифа. Привлечение инвестиций и увеличение сроков окупаемости может быть достигнуто только за счет сокращения эксплуатационных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводить реконструкцию систем теплоснабжения жилищно-коммунального комплекса можно только с учетом всех особенностей существующих систем и обслуживаемых объектов, при этом очень важно учитывать и социальные факторы. Составление последовательности реконструкции отдельных элементов систем, с привлечением квалифицированных специалистов, а также применение рациональных энергосберегающих мероприятий, позволит одновременно снизить финансовую нагрузку на население, и высвободить значительную долю финансирования для последующей реконструкции и модернизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л.Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов. – М.:1988. Стройиздат, 223с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.:2006.-472с.
3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: офиц. текст. – М.:2016.-41с.
4. Хаванов П.А., Шарипов А.Я. Развитие, перспективы и состояние децентрализованных систем теплоснабжения в РФ. В сб. «Реконструкция, энергетическая модернизация хилых зданий и тепловой инфраструктуры в РФ». Российско-немецкий технический семинар 8-9 декабря 2011г.- М.:2012 с.100-107.
5. Pahl P.J. Модернизация тепловой инфраструктуры. В сб. «Реконструкция, энергетическая модернизация хилых зданий и тепловой инфраструктуры в РФ». Российско-немецкий технический семинар 8-9 декабря 2011г.- М.:2012 с.107-132.
6. Шарипов А. Я., Силин В. М. Энергосберегающие и энергоэффективные технологии – основа энергетической безопасности. АВОК №4, 2006.
7. Хаванов П.А., Чуленёв А.С. Определение эксплуатационной эффективности конденсационных теплогенераторов. Доклад на VI Международная научно-техническая конференция "Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции". 25-27.11.2015 г.
8. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов. 2-е изд., переработанное и дополненное – Москва ООО ИД «Бастет», 2010. – 624 с.: ил.

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОНОМНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Л.А. Шилова, А.А. Волков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ShilovaLA@mgsu.ru

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению основополагающих аспектов, касающихся понятия автономности социально-значимых элементов городской инфраструктуры. Отмечено, что многообразие таких строительных объектов приводит к необходимости разработки их классификации с точки зрения обеспечения их автономности. Вместе с тем, сегодня происходит масштабное внедрение новых информационных технологий на строительных объектах, что может привести к возникновению новых, неизученных ранее источников ЧС, и сопряженных с ними рисками.

ВВЕДЕНИЕ

Уровень развития строительной науки и техники позволяет создавать устойчивые и надежные города, однако в условиях плотной городской застройки безопасность среды жизнедеятельности населения, как правило, обеспечивает уже существующая инфраструктура. Такие объекты находятся в эксплуатации ни один год и требуют оценки их технического состояния и возможностей перед модернизацией и внедрением на них новых технологий. Вместе с тем, последние события, вызванные новой коронавирусной инфекцией, свидетельствуют о необходимости обеспечения автономной работы социально-значимых элементов городской инфраструктуры.

В этом свете особенно актуальным становится вопрос обеспечения автономности существующих социально-значимых элементов городской инфраструктуры с учетом определения тех свойств, которые появляются у этих объектов при внедрении на них новых информационных систем и технологий, призванных для создания комфортной среды жизнедеятельности населения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современное развитие технологий пока не позволяет полностью исключить возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера на строительных объектах, что подтверждается статистическими данными. В табл.1 представлена информация по ЧС, произошедшим на территории Российской Федерации в период с 2013 по 2017 гг. [1-5].

Таблица 1. Сведения о ЧС по характеру и виду источников возникновения, произошедших в 2013-2017 гг.

ЧС по характеру и виду источников возникновения	Год	1*	2***	Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных объектов		Взрывы в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения		Внезапное обрушение производственных зданий, сооружений, пород		Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения	
				3	4	5	6	7	8	9	10
	2013	1*	2***	20	6	11	н/д	-	6	8	
		2**		87		47		-		134	
	2014	1		31	0	20	3	8	4	5	
		2		90		170		12		19	
		3		59		150		4		14	
	2015	**		4	7	15	4	10	4	28	
		2		28		74		11		54	

	3		24		59		1		24
2016	1	1	10	1	10	3	42	4	2
	2		61		61		70		13
	3		51		51		28		11
2017	1	1	-	8	24	1	11	5	20
	2		-		689		3		12
	3		-		625		0		-

*1-количество погибших; **2-количество пострадавших; **3-количество спасенных; 2****-количество зарегистрированных ЧС в отчетном году

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что на территории Российской Федерации фиксируется 1-10 ЧС в год на промышленных объектах и практически в 2-3 раза больше (от 11 до 23 ЧС) – в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения, т.е. на объектах, где люди проводят наибольшее количество времени.



Рис. 1. Статистика ЧС, произошедших на промышленных объектах и в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения в Российской Федерации

Вместе с тем, за анализируемый период в результате ЧС пострадало более 3000 человек, что подтверждает актуальность задач научного анализа рисков, обеспечения безопасности, надежности и устойчивости строительных систем, как основного фактора защиты населения в условиях возникновения ЧС.

Стоит отметить, что долгое время базой для разработки методов, методологий и стандартов в области обеспечения безопасности строительных объектов (в большей степени это относилось к объектам жизнеобеспечения и объектам повышенной опасности) была концепция абсолютной безопасности [6], согласно которой обеспечить надежность объектов позволяют анализ возможных исходных событий аварийных ситуаций и разработка системы обязательных мер для снижения потенциальных потерь.

Достоинством этой теории считается тот факт, что с течением времени концепция эволюционировала и сегодня включает в себя не только статистику аварий, но и информацию по их последствиям. Вместе с тем, в рамках этого подхода предлагаемые для внедрения на объектах меры безопасности являются юридически обязательными, а следовательно, их выполнение на практике контролировать просто.

К недостаткам рассматриваемого подхода относится то, что полное выполнение мер, соответствующих определенному классу объекта, и гарантирующее его абсолютную безопасность в теории, на практике может быть с легкостью нарушено, потому что надежность технических средств конечна, а действия человека не всегда безошибочны. Кроме этого, достаточность предлагаемых для достижения абсолютной безопасности мер,

выработанных согласно теории абсолютной безопасности, можно подтвердить или опровергнуть только опытным путем.

В связи с чем, в настоящее время в промышленно-развитых странах наряду с этой, используется другая - вероятностная концепция приемлемого риска [6], суть которой заключается в расчете количественной оценки степени опасности; моделировании вариантов перехода аварийных ситуаций в аварии; установлении приемлемых уровней риска.

Эта теория опирается на оценки показателя безопасности, а достаточность мер, обеспечивающих безопасность сложных строительных систем, может быть оценена с помощью величины приемлемого риска.

При этом стоит отметить, что понятие риска присуще и безопасности, и надежности сложных строительных систем различного назначения и изменяется в зависимости от поставленных перед исследователем задач. В отдельных докладах, представленных на всероссийских и международных конференциях, симпозиумах и семинарах границы этих трех понятий и вовсе смешиваются.

В статье под риском будет пониматься количественная оценка опасности, выразить которую можно «отношением числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период времени» [7-12].

Единицы измерения у риска нет, но его оценочное значение колеблется от 1 до 0. При этом максимально приемлемым уровнем индивидуального риска принято считать значение 10^{-6} , возникающее 1 раз в год и менее, максимально допустимое значение для любого риска оценивается значением 10^{-5} 1 раз в год. При вероятности воздействия более 10^{-3} риск считается неприемлемым [10-11].

Под максимально приемлемым уровнем индивидуального риска или границей между опасностью и безопасностью является уровень риска, при котором человек не проявляет чрезмерной озабоченности (т.е. не боится погибнуть под влиянием каких-то внешних факторов), и это тот уровень риска, к которому необходимо стремиться при проектировании и возведении современных зданий и сооружений, которые представляют собой сложные технические системы. Условное разделение границ между опасностью и безопасностью через понятия приемлемого и неприемлемого риска представлено на рис.2.

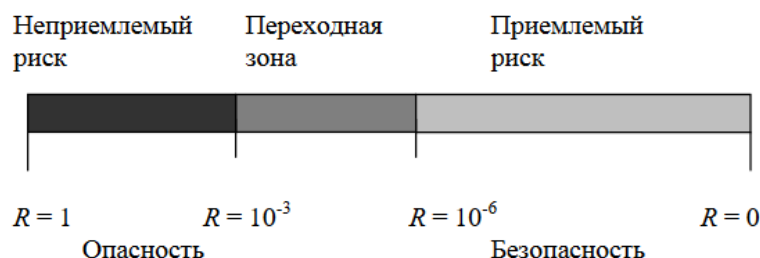


Рис. 2. Условное разделение границ между понятиями «опасность» и «безопасность» [10]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Масштабное внедрение новых информационных технологий, например, «умного дома», приводит к тому, что в зданиях и сооружениях постоянно протекает технологический процесс, который может привести к возникновению новых неизученных ранее источников ЧС, и сопряженных с ними рисками. Данный факт вызван в первую очередь тем, что существующие здания и сооружения должны отвечать действующей нормативно-правовой базе, которая в настоящее время не полностью адаптирована под использование новых технологий.

Кроме того, несмотря на то, что вопросам управления «умным домом» посвящено достаточно много публикаций, как в России, так и за рубежом [14-23 и др.], исследований в области повышения безопасности, надежности, устойчивости или возникновения рисков при внедрении умных технологий мало, а имеющиеся же публикации касаются, как правило,

проблем обеспечения конфиденциальности использования технологий, информации и пр. [24].

В тоже время, рассматривая каждое здание оснащенное множеством различных датчиков и «умным» оборудованием, возникает понятие киберфизических строительных систем, под которым авторами принимается «конечное множество функциональных компонентов (элементы, объекты, комплекс строительства, вычислительные ресурсы, интегрированные во включенные физические процессы) и отношений между ними, выделенное в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала» [25].

Интеграция новых технологий в строительные системы приводит к тому, что последние включают в себя множество разнородных элементов, устойчивость которых напрямую зависит от воздействия внешних и внутренних факторов, а, значит, любая такая система может быть рассмотрена как сложная система вероятностного характера.

Таким образом, в контексте теории киберфизических строительных систем речь будет идти об автоматических адаптивных самонастраивающихся системах, в которых получение, преобразование и передача информации, формирование управляющих команд и их использование для воздействия на управляемый процесс должно осуществляться без участия человека. В этом контексте и возникает понятие автономности строительного объекта.

Проведенные исследования позволили сформулировать понятие автономности социально-значимых элементов городской инфраструктуры под которым будет приниматься «способность строительного объекта выполнять его целевую функцию в течение расчетного срока эксплуатации без внешнего вмешательства в условиях возникновения ЧС» [26].

При этом необходимо понимать, что автономность – это комплексное свойство объекта, которое должно отвечать за надежность, устойчивость и безопасность объектов.

ВЫВОДЫ

Масштабное внедрение новых информационных технологий приводит к тому, что в зданиях и сооружениях постоянно протекает технологический процесс, который может привести к возникновению новых неизученных ранее источников ЧС, и сопряженных с ними рисками. При этом стоит уделять внимание тому, что к социально-значимым элементам городской инфраструктуры относится множество различных по свойствам строительных объектов, что в рамках обеспечения их автономности приводит к необходимости разработки их классификации для формирования предложений, подходящих конкретному типу объектов.

ЛИТЕРАТУРА

9. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2013 году»/ –М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014, 344 с.
10. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2014 году»/ –М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015, 350с.
11. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году»/ –М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016, 390 с.
12. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году»/ –М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017, 360 с.
13. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году»/ –М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018, 376 с.
14. Анализ риска и проблем безопасности // Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты: в 44 т./под научн. руковод. К.В. Фролов– М.: МГФ «Знание», 2006. – 640 с. – 1т.

15. Беляев Г.Н. Управление риском на технологических объектах/Г.Н. Беляев, И.М. Тетерин, В.Н. Яцуенко //Изнестия Томского политехнического университета. - 2008. - №5. - С. 147-150.
16. Владимирон В.А. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика/ В.А. Владимирон, Ю.Л. Воробьев, Г.Г. Малинецкий. – М.: Наука, 2000. – 432 с.
17. Воробьев Ю.Л. Управление стратегическими рисками чрезвычайных ситуаций в системе обеспечения национальной безопасности России/ Ю.Л. Воробьев//Право и безопасность. – 2003. - №3-4(8-9).
18. Герасимова О.О. Методы анализа надежности и риска/уч.пособие О.О. Герасимова, С.А. Карнауш. – Томск: Изд-во Томс. Гос. Архитю-строит. Ун-та, 2017.-64с.
19. Тимофеева С.С. Оценка техногенных рисков: учебное пособие/С.С. Тимофеева.-М.: Форум, 2015.-208с.
20. Kadri F. The Impact of Natural Disasters on Critical Infrastructures: A Domino Effect-based Study/ F. Kadri, B. Birregah, E. Chatelet// Journal of Homeland Security and Emergency Management. – 2014. – Vol. 11, Issue 2. - pp 217–241.
21. Теличенко В.И. Комплексная безопасность строительства//Вестник МГСУ, №4-1, 2010, 10-17
22. Аверин А.И. Интеллектуальное управление домом. "Умный дом"// European Science. 2015. № 4 (5). С. 5-7.
23. Атрощенко В.А., Кошевая С.Е., Серикова М.В. К вопросу формирования данных систем управления умного дома// Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 238.
24. Благодаров Д.А., Багаев Е.С., Сафонов Ю.М., Копесбаева А.А. Интеллектуальное управление умным домом// Потенциал современной науки. 2016. № 9 (26). С. 5-8.
25. Догадкин А.И., Петров Ю.К. Построение системы управления "умным домом" на основе контроллера SK-LPC2478 // Молодежный научно-технический вестник. 2014. № 6. С. 29.
26. Егунов В.А., Ал-Саади Х.А. Управление "умным домом" с использованием беспроводного канала связи // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 6 (133). С. 73-75.
27. Клеблеев Ш.А., Бухарова А.Р. Система управления и автоматизации "умный дом"// Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2017. № 2 (16). С. 88-95.
28. Ручкин В.Н., Громов А.В., Громов А.А., Кузнецов А.Н., Маслихов Д.А. Анализ аппаратных и программных средств управления "умный дом"// Информатика и прикладная математика: межвузовский сборник научных трудов. 2017. № 23. С. 97-102.
29. Хожиева М.С., Азимова Д.Ю. Исследование методов автоматического управления умным домом// В сборнике: Инновации в строительстве глазами молодых специалистов Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 314-317.
30. Якимов А.С., Пасюков А.А. Управление умным домом на основе ARDUINO с помощью голосовых команд// Постулат. 2018. № 2-1 (28). С. 12.
31. Caivano D., Fogli D., Lanzilotti R., Piccinno A., Cassano F. Supporting end users to control their smart home: design implications from a literature review and an empirical investigation// Journal of Systems and Software, 2018, 144, pp. 295-313.
32. Plachkinova M., Vo A., Alluhaidan A. Emerging trends in smart home security, privacy, and digital forensics// AMCIS 2016: Surfing the IT Innovation Wave - 22nd Americas Conference on Information Systems, 2016
33. Волков А.А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы// Промышленное и гражданское строительство, №9, 2017, 4-7
34. Shilova L.A. The assessment of autonomy indexes of socially significant elements of urban infrastructure for creating a safe living environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

Секция 9. Цифровые технологии в строительстве

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ЦЕНТРОВ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ В ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

П.Ю. Воробьев, Д.П. Максимов, М.М. Железнов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, VorobevPYU@mgsu.ru

Аннотация

Развитие такого направления, как создание фотограмметрических моделей местности, позволяет решать задачи создания цифровых моделей местности (ЦММ) и, как следствие, топопланов и ортофотопланов местности для больших площадей с обеспечением необходимой точности результатов, что является важной задачей цифровизации строительной отрасли в области учета и предоставления сведений об объектах строительства и эффективного территориального планирования. В ходе исследования авторами была проведена аэрофотосъемка и последующее восстановление фотограмметрической модели местности с созданием цифровой модели местности и ортофотоплана. В данной статье описаны результаты исследования по проведению оценки погрешностей при определении координат центров фотографирования при восстановлении фотограмметрической модели местности. Подобная оценка дает возможность оценки точности восстанавливаемой фотограмметрической модели, так как данная точность напрямую зависит от точности определения координат центров фотографирования. С использованием методов статистического и корреляционного анализа показано, что наилучшее совпадение с полученным частотным распределением погрешностей имеет кривая, представляющая собой модифицированное логнормальное распределение. Получена функция распределения значений погрешностей, которая может быть в последующем использована в программных инструментах для оценки и увеличения точности восстанавливаемых фотограмметрических моделей.

ВВЕДЕНИЕ

Современная тенденция цифровизации строительства влияет непосредственно на форматы и методы сбора и анализа информации об объектах строительства и исследуемой местности. Использование фотограмметрических моделей местности позволяет решать задачи создания цифровых моделей местности (ЦММ), топопланов и ортофотопланов местности [1].

При этом согласно постановлению правительства Российской Федерации от 13 марта 2020 г. № 279 «Об информационном обеспечении градостроительной деятельности» в составе информации, предоставляемой пользователю в информационной системе обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД), должны в обязательном порядке присутствовать векторные и растровые модели (карты) и прочие пространственные (картографические) данные с возможностью просмотра характеристик объектов [2, 3].

Перед регионами стоит масштабная задача сбора указанных данных, которая частично решается за счет оцифровки существующих материалов, но в большей части требует проведения изыскательных работ.

Данная задача может быть решена в том числе с применением аэрофотосъемки и последующей фотограмметрической обработки полученных материалов, но на данный момент нет обязательного стандарта или метода гарантированного обеспечения приемлемой точности получаемых данных [4, 5], поэтому исследования в данной области актуальны.

В данной статье авторы проводят оценку погрешностей, возникающих при определении координат центров фотографирования в восстанавливаемой фотографической

модели для полученного набора аэрофотоснимков, а также приводят рекомендации, призванные обеспечить более высокую точность получаемых данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Как известно [6], форму, размеры и положение объекта можно определить, если сфотографировать его с двух точек (рис. 1). Пусть P_1 и P_2 – пара снимков объекта O , полученная с точек S_1 и S_2 ; a_1 , a_2 и b_1 , b_2 – изображения точек A и B объекта. По снимкам можно получить модель объекта: для этого достаточно придать снимкам то положение, которое они занимали относительно друг друга во время съемки и восстановить по ним связки лучей, существовавшие в момент фотографирования. Тогда каждая пара соответствующих лучей будет пересекаться, в результате чего образуется модель, подобная объекту. При этом используя данные о положении снимков в пространстве (к примеру записи координат GPS) и некоторые преобразования, можем получить модель уже в масштабе в заданной системе координат.

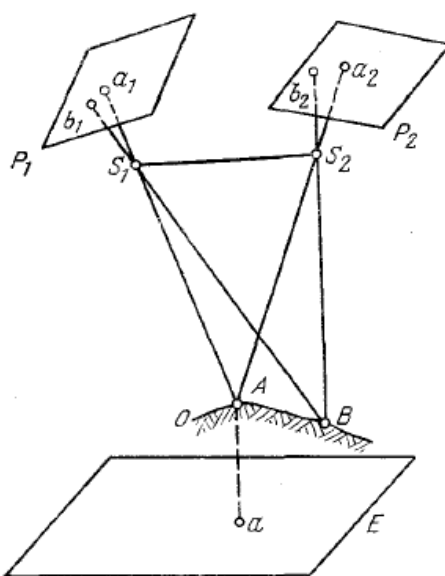


Рис. 1. Геометрическая иллюстрация принципа стереофотограмметрии

Для проведения исследования авторами был получен набор аэрофотоснимков промышленной зоны, расположенной в Московской области г. Фрязино, с использованием беспилотного летательного аппарата типа квадрокоптер DJI Mavic Pro Platinum. Также были проведены высокоточные геодезические измерения характерных точек местности с использованием тахеометра.

Схема аэрофотосъемки с указанием рассчитанных ошибок записи данных бортового GPS-приемника (при уточнении модели с помощью опорных точек) представлена на рисунке 2:

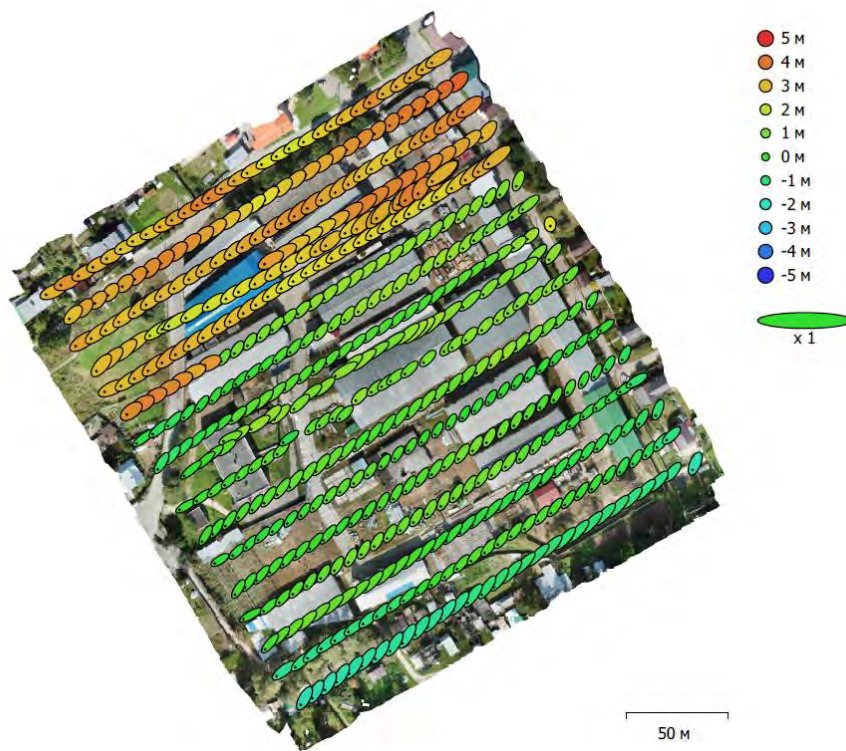


Рис. 2. Схема расположения камер и рассчитанные ошибки записи данных GPS-приемника для каждого снимка

Схема расположения характерных контрольных и опорных точек, полученных с использованием тахеометра, представлена на рисунке 3:

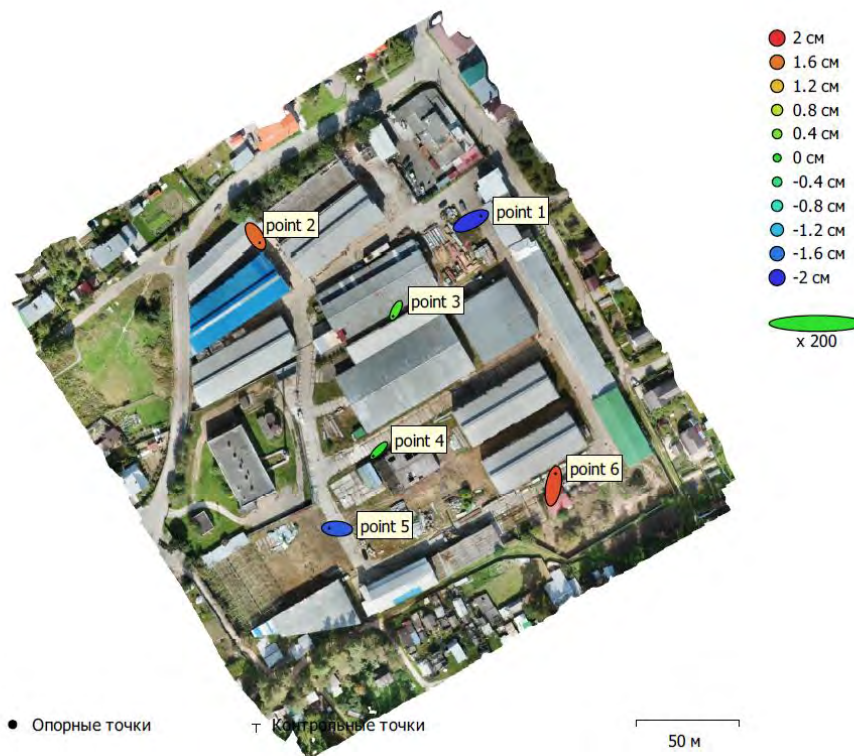


Рис. 3. Схема расположения характерных контрольных и опорных точек, полученных классическими геодезическими измерениями

Указанный набор изображений без предварительной обработки и без учета опорных точек был использован для создания плотного облака точек в программном комплексе Agisoft Metashape, разрабатываемом группой компаний «Геоскан». Затем по созданному плотному облаку была восстановлена ЦММ, а также создан геопривязанный ортофотоплан. На данном этапе из программы были экспортированы координаты центров фотографирования для 529 камер (снимков).

После этого указанный набор изображений без предварительной обработки был использован для создания плотного облака точек с последующей оптимизацией положений камер посредством указания опорных точек, в результате чего удалось добиться максимальной ошибки в определении положения контрольных точек не более 3 сантиметров в пространстве. По созданному плотному облаку была восстановлена ЦММ, а также создан геопривязанный ортофотоплан. После этого были экспортированы координаты центров фотографирования для 529 камер (снимков).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные наборы координат центров фотографирования для моделей, полученных без использования оптимизации положения камер посредством указания опорных точек, а также с использованием оптимизации положения камер посредством указания опорных точек, были загружены в ПО Microsoft Excel и подверглись обработке: для каждой камеры (снимка) по определенным координатам была рассчитана длина вектора, определяющего положение центра фотографирования в пространстве, после чего получена разность длин соответствующих векторов для двух случаев: с оптимизацией и без. Учитывая расположение объекта съемки в системе координат МСК-50-2 данная разность достоверно отражает погрешности, возникающие при расчете положений центров фотографирования (принимая за достоверные значения координат центров фотографирования для модели с примененной оптимизацией).

Для найденных значений была построена гистограмма (рис. 4):

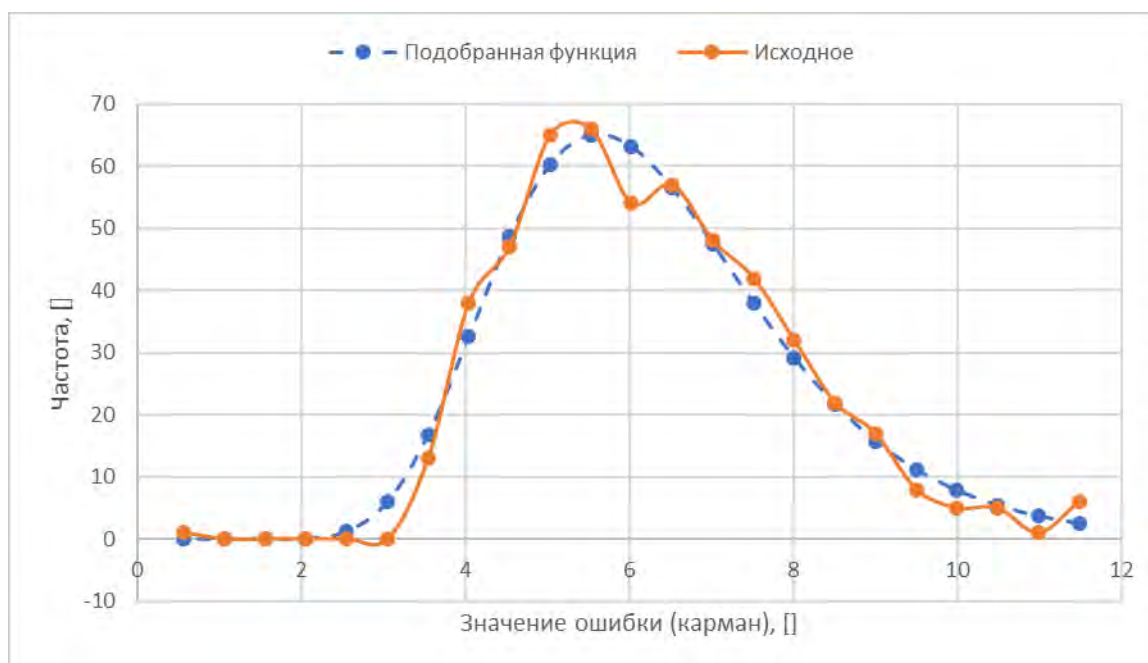


Рис. 4. Частотное распределение погрешностей.

Рассчитанные значения (сплошная линия) и подобранная кривая (пунктирная линия)

Также для данного частотного распределения методом наименьших квадратов была подобрана кривая (рис. 4), наиболее точно описывающая данную функцию с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.98$, вида:

$$f(x) = \frac{k}{x \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(\frac{-(\ln(x) - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), \quad (1)$$

Где x – значение погрешности (карман), $k = 267.15$, $\sigma = 0.28$, $\mu = 1.8$.

ВЫВОДЫ

Таким образом, авторами исследования была получена функция, описывающая частотное распределение погрешностей для определенного набора снимков при фиксированных параметрах обработки в сравнении с данными, уточненными посредством включения в обработку опорных точек, измеренных с применением высокоточного геодезического оборудования. Данная функция может быть использована для оценки точности и непосредственного уточнения восстанавливаемых фотограмметрических моделей местности, не имеющих опорных точек.

Наилучшее совпадение с полученным частотным распределением погрешностей имеет кривая, представляющая собой модифицированное логнормальное распределение [7, 8], что говорит о близости природы процессов, отвечающих за появление погрешностей при определении положения центров фотографирования в пространстве посредством создания фотограмметрической модели, к процессам, описываемым логнормальным распределением, что позволяет использовать накопленный опыт и известный математический аппарат для уточнения фотограмметрических моделей посредством уменьшения погрешностей положения центров фотографирования в пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.6 // Agisoft LLC. 2020. Режим доступа: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_en.pdf. Дата обращения: 12.09.20.
2. Постановление от 13 марта 2020 г. № 279 Об информационном обеспечении градостроительной деятельности // Правительство Российской Федерации. 2020.
3. Тарарин А.М., Карандеева М.В., Сухарева О.А. Информационное обеспечение градостроительной деятельности: учебное пособие // Издательство ФГБОУ ВПО «НГАСУ». 2013. Режим доступа: http://www.nngasu.ru/gis/files/up_isogd.pdf.
4. Государственный стандарт российской федерации «Фотограмметрия. Термины и определения» // 2001. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51833-2001>.
5. Хлебникова Т.А. Оприцова О.А. Экспериментальные исследования современных программных продуктов для моделирования геопространства // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2017.
6. Лобанов А.Н. Фотограмметрия // Учебное пособие, издание второе дополненное. 1984.
7. Crow Edwin L. & Shimizu Kunio Lognormal Distributions, Theory and Applications // Statistics: Textbooks and Monographs. 1988. vol. 88.
8. Holgate P. The lognormal characteristic function // Communications in Statistics - Theory and Methods. — 1989. — Т. 18, № 12.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОЯЩИХСЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А.В. Гинзбург¹, М.М. Железнов², Р.К. Сайфутдинов³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ginav@mgsu.ru

²ZheleznovMM@mgsu.ru

³rtsaifutdinov@outlook.com

Аннотация

Увеличение объемов транспортного строительства в нашей стране требует ускоренного внедрения современных методов проектирования и строительства, в том числе с использованием методов информационного моделирования для строящихся объектов и технологий дистанционного зондирования для изысканий и контроля строительства. Развитие дистанционных методов и технологий для инженерных изысканий, проектирования и контроля строительства является важной и актуальной задачей, так как позволяет более рационально использовать имеющиеся ресурсы, экономить время на строительство и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

В работе рассмотрены методы создания информационных моделей местности для строящихся объектов и возможности для их актуализации на всех стадиях создания транспортного объекта, от обоснования инвестиций и проектирования до строительства и эксплуатации. В качестве примера представлен проект строительства второго главного железнодорожного пути на участке от станции Болшево до станции Фрязино в Московской области, рассмотрены возможности использования данных дистанционного зондирования для создания и актуализации цифровой модели местности для разных стадий проекта.

Результаты, полученные в данном исследовании продемонстрировали, что построенная по результатам космических данных цифровая модель местности и рельефа может быть актуализирована данными полученным методами фотометрии или лазерного сканирования, что позволяет увеличить точность и корректность информационной модели проектируемого железнодорожного пути. Доказано, что методы актуализации информационных моделей строительных объектов с использованием технологий дистанционного зондирования способны существенно увеличить скорость и качество возведения объектов транспортной инфраструктуры.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России реализуется комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры[1], в рамках которого предусматривается развивать и расширять международные транзитные коридоры Запад – Восток и Север – Юг. Так же целью проекта является повышение уровня экономической связанности России за счет расширения и модернизации железнодорожной, авиационной, автодорожной, морской и речной инфраструктуры, гарантированного обеспечения доступной электроэнергией. В связи с этим, ожидается увеличение транспортного строительства, что в свою очередь, потребует широкого использования современных методов проектирования и строительства, в том числе с использованием методов информационного моделирования для строящихся объектов и технологий дистанционного зондирования для выполнения изысканий и контроля строительства.

Наиболее масштабными проектами комплексного плана, реализуемые в настоящее время, являются проекты по строительству линий высокоскоростных магистралей Москва – Санкт-Петербург, Москва – Казань – Екатеринбург, Москва – Адлер, линии

скоростных железнодородных дорог Екатеринбург – Челябинск, линии скоростных автомобильных дорог Москва – Казань [2].

Особенностью транспортного объекта, для целей проектирования, является их относительная большая протяженность в сравнении с объектами капитального строительства, таких как здания или промышленные площадки. Безусловно, в составе транспортных объектов возможно выделить отдельные капитальные объекты (вокзалы, здания транспортно-пересадочных узлов, мосты и путепроводные развязки), но размещение данных объектов возможно только после определения конкурентных вариантов трасс проектируемых линейных сооружений. Вследствие большой протяженности транспортного объекта его влияние на окружающую его природную и техногенную среду также является значительным. В связи с чем, критически важно рассмотреть все возможные варианты размещения будущего объекта и выполнить качественный анализ каждого варианта на предмет его технической, экологической, социальной и экономической эффективности. Достичь высокого уровня экспертизы и качества проектирования в отведенные сроки реализации проектов возможно только при использовании автоматизированных методов сбора, актуализации и анализа информации о проектируемом объекте и окружающей среде.

Таким образом, развитие методов информационного моделирования для проектирования и строительства транспортных объектов с использованием технологий дистанционного зондирования для выполнения инженерных изысканий, проектирования и контроля строительства является важной и актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процесс создания линейного транспортного объекта с использованием технологий информационного моделирования и дистанционного зондирования во многом схож с традиционной технологией проектирования, базирующейся на использовании «плоских» картографических материалов и создания проектной документации на бумажных носителях [3]. Однако, имеется ряд существенных отличий и особенностей. Схематично процесс проектирования можно представить на рисунке 1.



Рис.1. Принципиальная схема процесса проектирования линейного транспортного объекта

Особенностью создания линейного транспортного объекта при использовании технологии информационного моделирования и дистанционного зондирования является:

1. *Возможность получения качественных материалов инженерных изысканий уже на первых стадиях при обосновании инвестиций.*

Использование «плоских» картографических материалов (масштабные карты, космические снимки) безусловно оправдано на стадии принятия решения о необходимости строительства транспортного объекта, выбора вида транспорта и принципиального направления, так как позволяет решить ряд важных, для данной стадии, задач, и прежде всего, таких как оценка социальной эффективности для жителей территорий, на которых размещается новый транспорт. Однако, качество оценки экономических показателей, влияние будущей трассы объекта на природную и техногенную среду, при использовании таких материалов останется очень низким, что в будущем приводит к необходимости изменения направления трассы и, как следствие, увеличение сроков и затрат на строительство транспортного объекта. Материалы, получаемые с использованием методов дистанционного зондирования, дополнительно содержат информацию о характере рельефа, геологическом

строении площадки проектирования и в возможном наличии природных и техногенных рисков для будущего объекта строительства, этажности прилегающей застройки, высоты подходящих мостов и путепроводов[4,5,6]. Все это оказывает положительное влияние на качество принимаемых решений без значительного увеличения затрат на проведение изысканий. Так пример, много данных космической съемки размещаются на ресурсах в сети Internet и не требуют оплаты за доступ к ним, а проведение фотометрической или лазерной съемки с беспилотных летательных объектов для протяженных линейных объектов, зачастую обходятся дешевле наземной тахеометрической съемки.

2. *Выполнения большего количества вариантов трассирования с определением большего объема количественных и качественных показателей будущего объекта, получаемые меньшее время, отведенное на выполнение обоснований инвестиций.*

Использование автоматизированных инструментов проектирования возможно в том случае, если уже на стадии принятия решения о необходимости строительства транспортного объекта и выбора принципиального направления имеется 3D-подоснова. Создание утрированных информационных моделей для большего количества вариантов трассирования позволяет автоматизировать процесс сравнения количественных показателей и выбор наиболее целесообразных вариантов[7,8].

3. *Выбор варианта трассы на основе качественной информационной модели, отражающей помимо технических характеристик проектируемого объекта его влияние на социально-экономические, природные, техногенные и другие факторы, многие из которых между собою тесно связаны.*

По мере продвижения процесса создания транспортного объекта от стадии обоснования инвестиций к стадиям создания проектной, а затем и рабочей документации, происходит актуализация информационных моделей, выбранных к рассмотрению вариантов трассирования, путем наполнения и уточнения данными, полученными, в том числе, методами дистанционного зондирования, которые оправданы для данных стадий проектирования[9,10]. Рекомендованное использование методов и инструментов технологии информационного моделирования и дистанционного зондирования при построении информационной модели транспортных объектов представлены на рисунке 2.



Рис.2. Использование инструментов технологии информационного моделирования и дистанционного зондирования для проектирования, строительства и эксплуатации линейного транспортного объекта

4. Повышение скорости и качества проектирования за счет использования информационной модели, созданной на ранних стадиях.

Как уже отмечено выше, использование автоматизированных инструментов проектирования и технологии информационного моделирования (BIM) для создания транспортных объектов способствует повышению скорости и качества проектирования и строительства, в первую очередь, за счет снижения «бросовых» работ, вызванных несогласованностью разделов проектной документации [11,12]. Существенной проблемой «традиционной» технологии разработки проектной документации, в большинстве случаев, является то, что исходная информация движется параллельно, что приводит к путанице и невозможности отделить релевантную информацию от устаревшей и неактуальной. Это, в свою очередь, становится причиной возникновения коллизий в документации, ухудшения ее качества, появлению «бросовых» работ, приводит к увеличению сроков и стоимости разработки проектной документации и реализации строительства.

Использование технологии информационного моделирования позволяет упорядочить движение информации между разделами проекта, так как исходная информация и изменения по результатам разработки разделов направляются через общее информационное пространство, исключая ее параллельное движение между отделами. Как результат, уменьшаются сроки проектирования, снижаются объемы переработок и затраты на разработку проектной документации [13].

В этой связи, наиболее целесообразным представляется использование технологии информационного моделирования и дистанционного зондирования уже на стадии обоснования инвестиций с последующей актуализацией созданной информационной модели и увеличении детализации проектных решений топографической подосновы при переходе на следующие стадии создания транспортного объекта.

Данный метод предполагает, что на первой стадии проектирования создается упрощенная цифровая модель местности (ЦММ) для достаточно обширной территории (город, субъект федерации или несколько субъектов федерации) и множество упрощенных цифровых моделей для вариантов транспортного объекта с зданиями для обслуживания пассажиров и грузов, моделями мостов и путепроводов, детализацией не превышающей уровней LOD100. Далее на следующей стадии, по мере уменьшения количества рассматриваемых вариантов для проектируемого объекта, предусматривается сужение коридора для цифровой модели местности и, одновременно, осуществляется ее актуализация данными, полученными методами аэрофотометрии и лазерного сканирования, для обеспечения качества инженерных изысканий для построения цифровых моделей транспортного объекта с уровнями детализации LOD200-400. Рекомендации по использованию инструментов для создания ЦММ на разных стадиях жизненного цикла транспортного объекта представлены на рисунке 3.

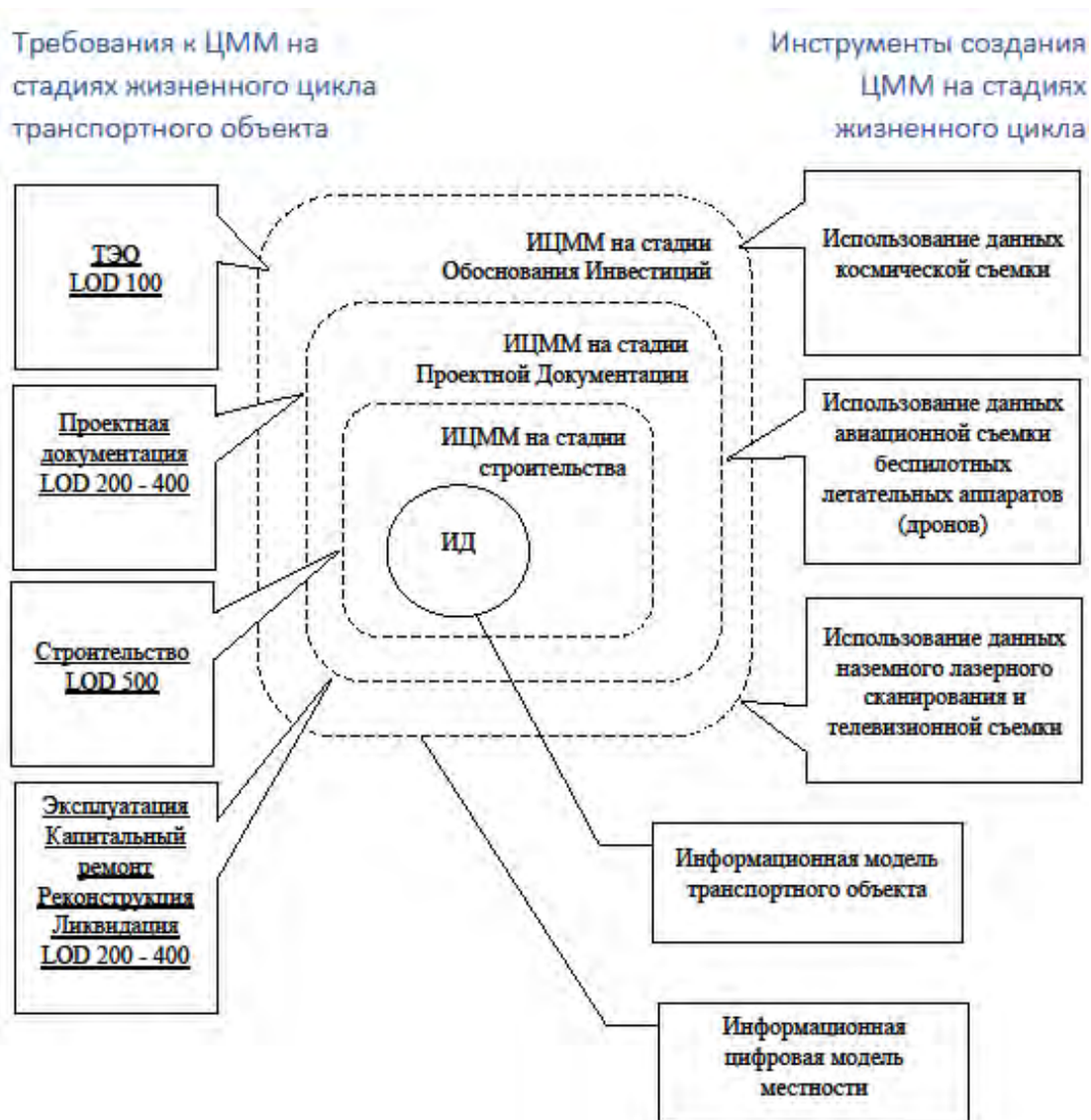


Рис. 3. Предложения по использованию инструментов для создания цифровой модели местности для разных стадий жизненного цикла транспортного объекта

5. *Повышения качества строительства за счет обеспечения автоматизированного дистанционного мониторинга соответствия возводимого объекта проектной документации, созданной на основе его информационной модели.*

Использование методов автоматизированного дистанционного мониторинга строительства, когда проектная информационная модель транспортного объекта сравнивается с информационной моделью, полученной путем съемки строящегося объекта, является особенно актуальной для линейно-протяженных объектов, так как в значительной степени уменьшает затраты на контроль за строительством и снижает влияние негативного человеческого фактора при проведении фактических измерений и их сравнение с проектными [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В компании ООО «Желдорпроект» для проекта строительства второго главного железнодорожного пути на участке от станции Болшево до станции Фрязинов Московской области при обосновании инвестиций в его строительство выполнено построение цифровой модели местности (ЦММ) путем компоновки цифровой модели рельефа (ЦМР) построенной по данным космической съемки (SRTM/ASTER GDEM), изображением земли полученных методами космической съемки и 3D-моделей существующей застройки (здания, ограждения,

опоры ЛЭП) и транспортной инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, мосты и путепроводы, туннели) полученные до данным ГИС, таких как OpenStreetMap (OSM). Далее для выбранных вариантов строительства выполнена топографическая съемка масштаба М1:2000 и создано облако точек по фотографиям, полученным с беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

При дальнейшем проектировании, построенная по результатам космических данных цифровая модель местности и рельефа была актуализирована данными полученным с БПЛА, что позволило увеличить точность и корректность модели проектируемого железнодорожного пути без необходимости построения новой цифровой модели. На рисунке 4 приведен фрагмент актуализированной цифровой модели местности и проектируемого объекта.



Рис.7. Пример актуализированной цифровой модели местности и информационной модели проектируемой железной дороги

ВЫВОДЫ

Таким образом, методы дистанционного зондирования для актуализации цифровой модели местности на разных стадиях проектирования и строительства транспортных объектов позволяют существенно экономить затраты времени и ресурсов проектных и строительных организаций. Однако, в настоящее время в нашей стране отсутствуют нормативные требования или рекомендации к требуемому уровню детализации для цифровых моделей местности для разных стадий проектирования и строительства транспортных объектов. Для широкого внедрения методики актуализации информационных моделей строительных объектов с использованием технологий дистанционного зондирования при проектировании объектов транспорта потребуется разработка и обсуждение классификации требуемого уровня детализации объектов цифровой модели местности в зависимости от требуемого уровня детализации проектируемого транспортного объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры. Утверждён распоряжением Правительства Российской Федерации 30 сентября 2018 года №2101-р [Электронный ресурс] // Сайт Правительства России, URL:<http://government.ru/rugovclassifier/section/2641/> (дата обращения 22.07.2020).
2. Андреева О. А., Конон Н. И., Ратинский М. Г. К вопросу использования дистанционного зондирования местности при проектировании железных дорог // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 5. – С. 47–53. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-947-5-47-53
3. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 - М.: Минрегион России, 2013. С.
4. Kaewunruen S., Sresakoolchai J., Zhou Z. Sustainability-based lifecycle management for bridge infrastructure using 6D BIM // Sustainability. 2020. № 12 (6). URL: <https://doi.org/10.3390/su12062436> (дата обращения: 20.04.2020)

5. Moselhi O., Bardareh H., Zhu Z. Automated Data Acquisition in Construction with Remote Sensing Technologies // Applied Sciences. 2020. 10 (8). URL: <https://doi.org/10.3390/app10082846> (дата обращения: 20.04.2020).
6. Zak J., Vitasek S. Bim and data standard for effective investment in infrastructure // Web of Science: 18th international scientific conference engineering for rural development. May 22-24, 2019. URL: <https://apps.webofknowledge.com/OutboundService.do?action=go&displayCiedRefs=true&displayTimesCited=true&displayUsageInfo=true&view> (дата обращения: 26.02.2020).
7. Chen J. Automated Indoor Mapping with Point Clouds. Dissertation. Degree Ph.D. United States. 2018. URL: <https://search.proquest.com/docview/2023531945?accountid=30386> (дата обращения: 22.04.2020).
8. Розенберг И.Н., Дулин С.К., Якушев Д.А. Разработка технологии создания высокоточной трехмерной цифровой модели пути на основе методов сбора пространственных данных системой мобильного лазерного сканирования // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте – М – 2018 – С. 113-116;
9. Дулин С.К., Манойло Д.С., Якушев Д.А. Анализ данных современных путеизмерительных комплексов для актуализации цифровой модели железнодорожной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог – 2019 - №2 – С.99- 62;
10. Дулин С.К., Якушев Д.А. Точность геопространственных данных железнодорожной инфраструктуры, полученных методом мобильного лазерного сканирования // Наука и технологии железных дорог – 2017 - №4 – С. 54 -111;
11. Z. Aziz, Z. Riaz, M. Arslan, Leveraging BIM and big data to deliver well maintained highways, Facilities 35 (13/14) (2017) 818–832, <https://doi.org/10.1108/F-02-2016-0021/>
12. D. Agdas, R.D. Ellis, IT in transportation construction: opportunities and barriers to implementation, Proc. in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE), June 30-July 2, Nottingham, UK, 2010, pp. 223–228 <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbep/ceedings/pdf/pf112.pdf>
13. S.F. Huang, C.H. Chen, R.J. Dzung, Design of track alignment using building information modeling, J. Transp. Eng. 137 (2011) 823–830, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000287](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000287)
14. S. Kim, J. Kim, J. Jung, J. Heo, Development of a 3D underground cadastral system with indoor mapping for as-built BIM: the case study of Gangnam subway station in Korea, Sensors 15 (12) (2015) 30870–30893, <https://doi.org/10.3390/s151229833>.

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.В. Гинзбург

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ginav@mgsu.ru

Аннотация

Переход на технологии информационного моделирования - актуальная задача, стоящая перед строительной отраслью. Только формализация всех процессов на протяжении полного инвестиционно-строительного цикла, на стадии эксплуатации объекта недвижимости, вплоть до стадии сноса и утилизации отходов, может позволить перевести отрасль на современный производственный уклад, соответствующий требованиям научно-технического прогресса. Важнейшим требованием является обеспечение комплексности перехода на технологии информационного моделирования. Формирование информационной модели объекта капитального строительства фрагментарно, на отдельные этапы жизненного цикла не позволяет решить целый ряд задач, стоящих перед современным строительным комплексом. Сложившаяся за много лет структура управления и организации работ в строительстве плохо соответствует основным требованиям информационного моделирования. Именно поэтому основной задачей перехода к новым технологиям является разработка подходов и методов информатизации с учетом особенностей жизненного цикла объекта капитального строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Все современные технологии во всех отраслях промышленности базируются на формализованной информационной, так называемой, цифровой модели объекта. Фактически, современный производственный цикл представляет собой поэтапную обработку информационно-графической модели, решение комплекса расчетных и оптимизационных задач, базирующихся на массиве данных, описывающих в том или ином аспекте объект как предмет труда.

Строительный объект обладает целым рядом специфических особенностей [1, 2]. Строительная продукция характеризуется очень широкой номенклатурой изделий (зданий и сооружений) с крайне ограниченными возможностями по унификации и тиражированию. Другой специфической особенностью строительного комплекса является стационарность предмета труда и мобильность средств производства и орудий труда (в противоположность, например, машиностроительным отраслям). Существенное влияние на строительные процессы оказывает также и то, что практически все монтажные операции, т.е. собственно процесс окончательного выпуска продукции, проводится на открытых площадках. Учет климатических, сезонных, гидрометеорологических, геодезических, геологических, гидрогеологических, почвенно-ботанических, санитарно-гигиенических и др. условий зон возведения объектов составляет значительную долю информационной подготовки строительства [3].

Широкомасштабность и разнообразие строительного процесса предопределяет широкий круг его участников. А если рассматривать весь жизненный цикл объекта капитального строительства (от инвестиционного обоснования до эксплуатации и вплоть до сноса и утилизации), то серьезным осложняющим фактором для формирования единой информационной модели становится еще и продолжительность ее существования. Участники создания и использования информационной модели, в отличие от других производственных отраслей, не только могут быть оторваны друг от друга, но и зачастую обладать совершенно различными (иногда противоположными) целями и интересами [4, 5].

Вышесказанное предопределяет то, что в строительной сфере процессы информационного моделирования начались существенно позже, чем, например, в авиа- или машиностроении. Однако именно эти факторы и предопределяют исключительную необходимость применения технологий информационного моделирования в строительстве как единственно возможного инструментария для перевода отрасли на современные производственные технологии, прочно занявшие свое место в других, технологически развитых отраслях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Успешное создание и развитие новых научных направлений возможно лишь при эффективном сочетании двух факторов: наличие общественной потребности в решении тех или иных задач, а также наличие (готовность) соответствующего инструментария для их решения (математического аппарата, необходимых моделей и методов, программного обеспечения, вычислительной техники и т.д.).

В настоящее время общественная потребность в цифровизации строительной сферы не просто назрела. Переход на информационные технологии на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства – одна из самых насущных задач современной экономики.

Что касается инструментария, то в настоящее время на рынке программного обеспечения появилось множество зарубежных и отечественных программных продуктов, ориентированных на работу с информационной моделью строительного объекта. Однако в этой части имеется целый ряд проблем, связанных с уже упомянутой спецификой строительного процесса.

Длительность и многоэтапность жизненного цикла объекта капитального строительства предопределяют не только широкий круг плохо взаимодействующих друг с другом участников, но и широкий круг разнообразных задач, которые необходимо решать с использованием единой информационной модели [6]. Это означает, что помимо правил взаимодействия (организационных, имущественных и пр.) необходима разработка технических интерфейсов между программными продуктами, созданными разными разработчиками и ориентированными на разные задачи [7].

Методологическая координация информационных потоков в системе разрозненных программных продуктов – весьма непростая задача [8, 9], которая зачастую усложняется еще и тем, что у фирм-разработчиков имеются свои коммерческие и иные интересы, не всегда совпадающие с общими целями цифровизации отрасли. Нередки случаи, когда разработчики развивают свой программный продукт в том направлении, которое кажется правильным и полезным им, а не отраслевым специалистам. Тем самым диктуются тенденции развития не в соответствии с реальными потребностями строительной сферы, а в соответствии с интересами и возможностями программистского сообщества (например, совершенствование внешнего вида интерфейса, а не совершенствование внутренней методологии расчетов).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ показал, что выход из сложившейся ситуации возможен при эффективном сочетании административных мер и мер по системному обоснованию требований к информационной модели, ориентированной на решение комплекса задач, направленных даже не на цели отдельного объекта капитального строительства, а на цели, связанные с формированием комфортной среды жизнедеятельности в целом.

Говоря про административные меры, в первую очередь, речь идет о правовой и нормативно-методической поддержке государства, которое призвано задавать единые «правила игры», обязательные для всех участников процесса внедрения технологий информационного моделирования в строительной сфере. Практика показывает, что только в тех странах, где на уровне правительств утверждались общие требования к технологиям

цифровизации и составам моделей объектов капитального строительства, были достигнуты значительные успехи в практическом применении и содержательном развитии информационного моделирования.

Системное обоснование требований к составу и структуре информационной модели должно базироваться на обосновании целей (задач), которые должны решать технологии информационного моделирования.

На сегодняшний день технологии работы с данными позволяют осуществлять активный сбор существенных массивов разнотипной информации, в том числе и в режиме реального времени. Но методологическая база, которая бы позволила выделить в формирующемся информационном потоке значимые, наиболее существенные показатели, значительно отстает. Соответственно, необходимым звеном развития информационных технологий в строительстве является разработка структурных матриц (деревьев) целей системы на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. При этом целесообразно рассматривать объект капитального строительства как элемент систем более высокого уровня – от геоинформационных систем до систем формирования среды жизнедеятельности в целом. Математическая обработка целевых матриц позволит нормализовать состав информационной модели, исключить избыточные и малозначимые показатели. Причем, значимость показателей может гибко варьироваться, исходя из весомости устанавливаемых в процессе исследования целевых показателей систем всех уровней.

В настоящий момент ощущается явная нехватка готовых обоснованных подходов к ответам на множество актуальных вопросов функционирования строительных объектов. Разработка конкретного перечня задач для каждого этапа жизненного цикла объекта капитального строительства позволит сосредоточить усилия на разработке необходимых математических моделей, обеспечивающих решение поставленных проблем на пути движения системы к установленным целевым показателям.

ВЫВОДЫ

С точки зрения теории систем, система, объединяющая подсистемы с противоречивыми интересами, просто не может качественно функционировать. Необходимо таким образом реструктурировать цели, стоящие перед системой в целом и подсистемами, задействованными на разных этапах жизненного цикла объекта капитального строительства, чтобы ориентировать всех на эффективное достижение конечного результата (формирование комфортной среды жизнедеятельности), а не на решение локальных разнонаправленных проблем многочисленных участников процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ginzburg A.V. LE IM: Living Environment Information Modelling // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry, ESCI 2018; Ho Chi Minh City; Viet Nam: MATEC Web of Conferences, Volume 193, 05030 (2018).
2. Каган П.Б., Гудков П.К. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением САПР // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 164-168.
3. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Интенсифицирование развития энергоэффективных технологий с учетом организационно-технологической надежности // Научное обозрение, 2014, №7, -с.276-280.
4. Гаряев Н.А., Краснощекова А.И., Князев А.А. Анализ рисков, возникающих при внедрении BIM-технологий в строительных организациях // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 58-61.
5. Гинзбург А.В., Каган П.Б. САПР организации строительства. // САПР и графика, 1999 № 9 - с. 32-34.
6. Игнатова Е.В., Шурупов Е.Л., Ельфинова А.Г. Внедрение автоматизированной системы управления жизненным циклом проектной документации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 165-169.
7. Ginzburg A., Skiba A. Creating an urban area planning design based on the theory of fuzzy logic // Applied Mechanics and Materials Vols. 584-586 (2014), Trans Tech Publications, Switzerland, 2014, -pp. 507-511.

8. Ignatova E., Zotkin S., Zotkina I. The extraction and processing of BIM data // В сборнике: XXIst International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering: Construction - The Formation of Living Environment, FORM 2018. Сер. "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering" 2018. С. 062033.
9. Каган П.Б. Аналитические исследования больших массивов данных в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 80-84.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Н.А. Иванов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, IvanovNA@mgsu.ru

Аннотация

Большинство отраслей экономики нашей страны, в том числе и строительство, активно переходит к внедрению цифровых технологий, как при реализации основных производственных процессов, так и при реализации эффективного управления строительными организациями. Цифровизация применительно к строительству – это, прежде всего, применение информационных технологий при проектировании строительных объектов и при контроле реализации планов строительного производства. Однако, на взгляд автора, это - далеко не полный перечень возможных приложений цифровых технологий в строительстве. Важное место, по мнению автора, занимает вопрос применения цифровых технологий для управления качеством строительной продукции. Решение этого вопроса может быть тесно увязано с внедрением в практическую деятельность строительных компаний систем менеджмента качества. В докладе обсуждаются возможности визуализации собранных данных о несоответствиях качества продукции требованиям потребителя и причинах их возникновения. Автор обосновывает применение функциональной семантической сети в качестве варианта хранения и представления информации о причинно-следственных связях несоответствий и причин к ним приведших. Рассматриваются особенности основных элементов предложенного механизма. Кроме того рассматривается авторский подход к формированию плана мероприятий, направленных на устранение наиболее значимых причин. Подробно описывается механизм формирования плана, в том числе и критерии, учитываемые при распределении средств на включаемые в план мероприятия и влияющие на порядок выполнения мероприятий. Автор предлагает два варианта определения критерия: двухмерный, учитывающий абсолютные затраты на устранение несоответствующей продукции, выявленной в результате возникновения несоответствия, и трехмерный, учитывающий эффективность корректирующих мероприятий при включении их в план управления рисками. Основным результатом представленного исследования является методика управления несоответствиями, направленная на повышение эффективности работы системы менеджмента качества, как фактора устойчивого развития и повышения конкурентоспособности российских строительных организаций.

ВВЕДЕНИЕ

О важности цифровизации экономики РФ и всей жизни населения нашей страны свидетельствуют неоднократные обращения к теме со стороны президента РФ, председателя правительства РФ, руководителей ряда министерств и ведомств РФ. Так В.В.Путин за период с июня по сентябрь 2020 года трижды активно затрагивал вопросы цифровизации: на совещании по связи и IT-индустрии 10 июня [1], на заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам 13 июля [2] и 10 августа в ходе встречи с главой Роскомнадзора Андреем Липовым [3]. Такое пристальное внимание со стороны руководства страны позволяет надеяться, что в дальнейшем Россию ожидает устойчивое развитие цифровых технологий и разработок собственного ПО.

Цифровизация применительно к строительству – это, прежде всего, применение информационных технологий при проектировании строительных объектов и при контроле реализации планов строительного производства. Наряду с этим важное место занимает вопрос применения цифровых технологий для управления качеством строительной

продукции. Решение этого вопроса может быть тесно увязано с внедрением в практическую деятельность строительных компаний систем менеджмента качества (СМК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе многолетнего изучения проблемы управления качеством в строительной отрасли у автора сложилось достаточно четкое представление о том, во многих строительных компаниях не уделяется должного внимания вопросам сбора, обработки, анализа и визуального представления информации о выявляемых нарушениях качества работ/продукции и причинах, приведших к этим нарушениям. Несмотря на то в РФ в начале 2010-х годов после отмены лицензирования в строительстве был всплеск внимания к внедрению СМК, в большинстве случаев разработанные СМК остались «бумажными» - их внедрение завершилось с получением заветного сертификата на соответствие стандарту ИСО-9001 [4, 5]. Среди причин, приведших к указанной выше ситуации, наряду со спецификой развития рыночных отношений в РФ, затруднительным продвижением идей управления качеством среди персонала российских строительных компаний, не достаточно развитым менеджментом среднего звена обязательно нужно отметить слабую математическую подготовку большей части руководителей и нежелание вкладывать средства в компьютеризацию/автоматизацию бизнеса.

Все это послужило причиной проведения многолетних исследований, направленных на разработку методики управления несоответствиями, направленной на повышение эффективности работы системы менеджмента качества, как фактора устойчивого развития и повышения конкурентоспособности российских строительных организаций.

В рамках этой методики были выделены следующие направления исследований: разработка подходов к сбору, систематизации, классификации и хранению данных о несоответствиях и причинах их возникновения, разработка средств визуального представления собранных данных, разработка средств оценки результативности СМК предприятий строительной отрасли [6, 7]. Был предложен подход к применению к решению задач управления несоответствиями методов принятия решений в условиях полной неопределенности [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Используя гистограммы, диаграмму Парето, диаграмму Исикавы, можно получить набор достаточно информативных визуальных представлений данных о несоответствиях. Однако они практически не отображают взаимосвязь различных несоответствий между собой, влияние какой-либо причины на несколько отдельно возникших несоответствий. Эти средства малопригодны при поиске корневой причины того или иного несоответствия. Разумеется, есть другие средства для решения указанной задачи, но они порождают новые самостоятельные визуальные представления обрабатываемых данных. Та же проблема возникает при формировании плана корректирующих действий.

В качестве решения проблемы предлагается два нестандартных способа визуализации обсуждаемых данных. Первое средство – это функциональная семантическая сеть (ФСС), второе средство – трехмерная диаграмма затрат на устранение несоответствующей продукции, несоответствий и причин их возникновения.

В отличие от широко известных простых инструментов качества ФСС отражает факт влияния одной причины на возникновение ряда несоответствий и ситуацию, когда одно несоответствие становится причиной другого несоответствия, образуя цепочку несоответствий (рис. 1).

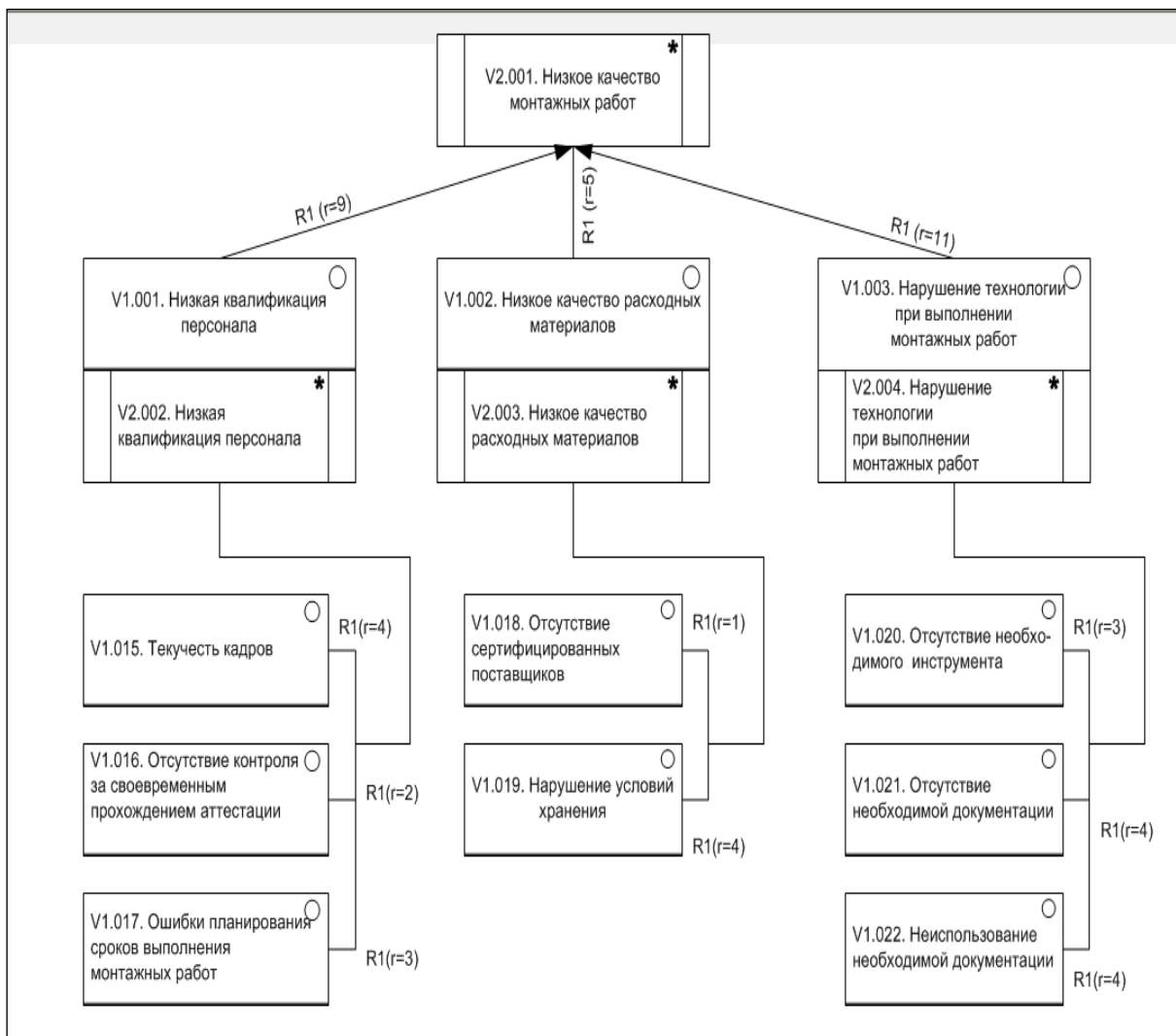


Рис. 1. Пример фрагмента функциональной семантической сети

Трехмерная диаграмма затрат на устранение несоответствующей продукции, несоответствий и причин их возникновения представляет собой визуальное отображение информации, связанной с выявленными несоответствиями (рис. 2).

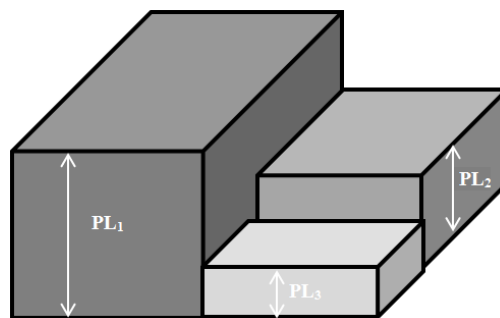


Рис. 2. PL_i - «уровень загрязнения»

Это данные о частоте возникновения несоответствий по тем или иным причинам, о затратах на устранение несоответствующей продукции и о затратах на устранение причин несоответствий.

В основу диаграммы положено предложенное автором и описанное в [9] графическое представление затрат на устранение несоответствующей продукции. В частности, было

предложено каждому обнаруженному несоответствию j , вызванному причиной i , ставить в соответствие «пятно» определенного типа. «Пятно» визуализирует затарты на устранение несоответствующей продукции, связанной с выявленным несоответствием.

Графическое представление термина «пятно» проиллюстрировано в виде прямоугольника со сторонами, равными 1 и Z_{ij} , где Z_{ij} – затарты на устранение несоответствующей продукции, связанной с выявленным несоответствием. Если какое-либо несоответствие j по причине i выявляется неоднократно, общая площадь «пятен» одного типа («область загрязнения») может быть представлена как сумма площадей элементарных прямоугольников или как площадь прямоугольника со сторонами N_{ij} и Z_{ij}^{cp} , где N_{ij} – число раз выявления несоответствия j по причине i . Величина Z_{ij}^{cp} – это средняя стоимость устранения несоответствующей продукции. Трехмерная диаграмма получается путем добавления третьего измерения к каждому и «пятен», которое мы условно назовем «степень загрязнения». Значение этого измерения вычисляется по формуле 1 как отношение затрат на мероприятия по устранению причины появления «пятна» к затратам на устранение «пятна».

$$E_{ca} = S_{ca_j} / \sum_{k=1}^{N_{ij}} z_{нп}^{jik} \quad (1)$$

Это значение используется в качестве показателя оценки эффективности корректирующих действий при включении их в план управления рисками. Чем ниже значение, тем эффективнее корректирующее действие.

ВЫВОДЫ

Основным результатом представленного исследования является методика управления несоответствиями, направленная на повышение эффективности работы системы менеджмента качества, как фактора устойчивого развития и повышения конкурентоспособности российских строительных организаций. Особенно актуально эта проблема становится с учетом еще одной задачи, поставленной перед экономикой РФ – увеличение в объемах производства и услуг доли малого и среднего бизнеса. Жесткая экономия и ограниченные объемы средств, направляемых на анализ причин нарушения качества строительной продукции, отсутствие в малых и средних строительных компаниях квалифицированных инженерных кадров позволяют надеяться, что разработка новых подходов к управлению качеством и последующая их реализация в виде открытого программного обеспечения будут востребованы в российской строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт ТАСС Путин призвал развить тенденции цифровизации, проявившиеся в период карантина. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/8695395>. Дата обращения: 04.10.20.
2. Сайт РБК Путин описал угрозу бездействия словами «болото вокруг нас будет хлюпать». Режим доступа: <https://www.rbc.ru/economics/13/07/2020/5f0c16ac9a7947416d468e73>. Дата обращения: 04.10.20.
3. Сайт Lenta.Ru Путин рассказал об энергичных шагах по цифровизации экономики. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2020/08/10/energiya/>. Дата обращения: 04.10.20.
4. Гумеров А.В. Система менеджмента качества в общей системе управления промышленным предприятием // Российское предпринимательство. 2010. № 10(1). С. 68—72.
5. Бочарова С.В., Попова Л.Ф., Яшина М.Н. Анализ проблем в управлении качеством на современных промышленных предприятиях // Вестник СГСЭУ. 2018. № 4(73). С. 63-68.
6. Иванов Н.А. Модель процесса управления несоответствиями в системах менеджмента качества предприятий строительной отрасли // Вестник МГСУ. 2011. № 5. С. 326-330.
7. Иванов Н.А. Оценка результативности систем менеджмента качества малых предприятий строительной отрасли // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 386-390.
8. Ivanov N. Risk-based thinking and decision-making methods in conditions of total uncertainty В сборнике: XXIst International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering: Construction - The Formation of Living Environment, FORM 2018. Сер. "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering" 2018. С. 062014.
9. Ivanov N. 2016 MATEC Web of Conferences, 86, 05004, DOI:10.1051/mateconf/20168605004

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ КОТЛОВАНА

В.Н. Кабанов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kabanovvn@yandex.ru

Аннотация

По итогам изучения опубликованных результатов исследований процедур построения информационных моделей в строительстве, в отечественных и зарубежных периодических изданиях, сформулирован вывод об актуальности заявленной темы исследования. Систематизация российского опыта проектирования с использованием действующих нормативов, в работе приводятся дополнительные процедуры, необходимые для превращения традиционной рабочей организационно-технологической документации строительства в информационную модель технологического процесса производства земляных работ по устройству котлована экскаватором с погрузкой в автомобили-самосвалы. Отмечается наличие достаточного объема информации, накопленного в РФ и необходимого для построения цифровых моделей возведения строительных конструкций зданий и сооружений. Акцентируется внимание на результатах, полученных коллективом ЦНИИОМТП Госстроя СССР, а также приводится оценка возможности применения этих результатов в современной практике организационно-технологического проектирования. Приводится пример применения нормативов, разработанных в прошлом веке, в целях разработки рабочей организационно-технологической документации строительства, которые соответствуют современным требованиям. Цель работы: определить основные направления совершенствования процесса организационно-технологического проектирования при разработке информационных моделей строительных процессов. Установлено отличие современной рабочей организационно-технологической документации от информационной модели. Рассмотрены принципы проектирования организационно-технологических решений в строительстве с привязкой к пространству и времени. Приводятся нормативные документы, которые содержат информацию значительно упрощающую процедуры построения цифровой модели производства строительно-монтажных работ. Показаны примеры привязки процесса разработки грунта экскаватором к пространству и времени. Выявлены направления, требующие дополнительных исследований, к числу которых относится: необходимость научного обоснования ширины забоя экскаватора, применение методов математической логики при размещении ведущей машины на строительной площадке и определении координат каждой технологической стоянки землеройной техники, цифровое моделирование каждого технологического цикла с учетом действующих ограничений, приводимых в нормативно-технической литературе. Автор полагает, что совершенствование процедур, связанных с построением информационной модели выполнения строительно-монтажных работ может существенно облегчить разработку решений, обеспечивающих высокую степень автоматизации и роботизации строительных процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Информационное моделирование технологических процессов производства строительно-монтажных работ регламентируется ISO 22263:2008 «Organization of information about construction works – Framework for management of project information». На начальном этапе информационное моделирование процессов возведения зданий и сооружений требует весьма значительного финансирования и объединения специалистов высокой квалификации не только в области строительства, но и в смежных видах экономической деятельности, например, в машиностроении.

В настоящей работе рассматривается процесс производства земляных работ при устройстве котлована. Такой выбор сделан не случайно. Земляные работы относятся к высокомеханизированным работам в строительстве. Основная часть работы выполняется экскаваторами, которые представляют собой высокотехнологичные манипуляторы. Работа землеройных машин достаточно хорошо изучена в нашей стране и за рубежом. Однако, практическое построение информационной модели процесса устройства котлована, позволяет утверждать о наличии деталей, которые требуют углубленного исследования. С большой степенью вероятности можно утверждать, что аналогичные проблемы будут возникать при компьютерном моделировании других видов строительного-монтажных работ.

Необходимо отметить, что организационно-технологическая документация в строительстве представляет собой информационную модель (чаще модели) процесса возведения зданий и сооружений. Применительно к земляным работам важно отметить рекомендации, разработанные в ЦНИИОТП Госстроя СССР [1]. Современная вычислительная техника позволяет значительно расширить информационную модель процесса производства земляных работ. Основные направления совершенствования организационно-технологического проектирования технологических процессов устройства котлованов, приведенные в периодических изданиях, позволяют выделить из них: применение вариантного проектирования [2], повышение эффективности землеройных машин за счет сокращения продолжительности технологического цикла [3], а также разработку систем постоянного наблюдения за величиной производительности экскаватора [4].

Цифровое моделирование технологических процессов в пространстве и времени неизбежно стимулирует исследования в области автоматизации и роботизации отдельных технологических операций. Перспективы развития технологии разработки грунта экскаваторами связывают с внедрением полной автоматизации рабочего органа [5]. Зарубежные исследователи акцентируют внимание на разработке «кооперативной системы человек-экскаватор» [6], При этом особое внимание акцентируется на распознавании образов во время технологического цикла [7] и совершенствование интерфейса [8].

От автоматизации отдельных технологических операций вполне логичен и предсказуем переход к созданию роботов или как принято говорить беспилотных машин и механизмов. Практическое внедрение полностью автономных аппаратов (роботов) в Южной Корее уже приводится в периодической литературе [9]. Программное обеспечение таких аппаратов должно содержать пространственную привязку рабочего органа машины в любой момент времени. Не случайно предлагаются аппараты с удаленным управлением [10]. В качестве контроля за отклонением от расчетных координат в пространстве и времени предлагается применять спутниковую навигацию [11]. Важно обратить внимание на методики описания перемещения рабочего органа экскаватора в пространстве при помощи «иерархических примитивов» [12].

Приведенные выше публикации подчеркивают актуальность исследования проблем формирования оцифрованной организационно-технологической документации с привязкой к трехмерному пространству и времени. Разработка такой документации может и должна выполняться при помощи пакета программ, разработанного на основе существующих алгоритмов составления рабочей организационно-технологической документации в строительстве. Такой вывод позволяет сформулировать цель настоящей работы: обозначить проблемы разработки рабочей организационно-технологической документации в строительстве. Для достижения цели решены следующие задачи:

- выполнена привязка ко времени технологического процесса производства земляных работ при устройстве котлованов;
- разработаны принципы ориентации технологического процесса производства земляных работ при устройстве котлована в трехмерном пространстве;

$$t = T_E V$$

где t – продолжительность производства работ (часов)

- T_E – норма затрат машинного времени, приведенная в табл. 01-01-18 – 01-01-22 ГЭСН 81-02-01-2020 в зависимости от емкости ковша экскаватора и категории грунта по трудности разработки, при этом вместо норматива времени часто используют показатель

производительности экскаватора в час: $W_E = \frac{1}{T_E}$;

- V – установленный проектом объем работ (м^3), измеренный в единицах объема, приведенных в соответствующей таблице ГЭСН 81-02-01-2020.

Для определения положения технологического процесса в пространстве, очевидно, необходимо определить объем работ, выполненный в течение заданного промежутка времени. Сальдо объема, установленного проектом и фактически выполненного обеспечивает определение положения ведущей машины. При всей простоте этого не сложного вывода информационное моделирование движения экскаватора в пространстве нельзя отнести к элементарным задачам.

Благодаря усилиям специалистов ЦНИИОМТП Госстроя СССР, в прошлом веке разработаны весьма детальные рекомендации по проектированию технологии разработки грунта экскаваторами [1]. Практическое применение указанных рекомендаций значительно упрощает процедуру информационного описания пространственных изменений при работе экскаватора. Центральное место в этом описании занимает расчет геометрических характеристик забоя экскаватора, другими словами привязка типовой технологической стоянки в трехмерном пространстве. Пример проекта забоя, разработанного с учетом требований [1] показан на рис. 1.

При проектировании забоя необходимо вычислить максимальный радиус копания на проектной отметке (на установленной проектом глубине котлована) – R_{EL} , минимальный радиус копания на отметке дна котлована – R_{Emin} , радиус безопасной зоны (расстояние от верхней бровки до ближайшей опоры экскаватора) – R_{Lmin} , установить ширину забоя на поверхности земли – B , ширину забоя на проектной отметке дна котлована – b а также расстояние между соседними технологическими стоянками (длину перемещения) экскаватора – ΔX (рис. 1).

Для вычисления всех перечисленных характеристик забоя экскаватора необходимо обладать информацией из проектной документации (размеры и отметка дна котлована, а также категория грунта по трудности разработки) и технического паспорта землеройной машины (максимальный радиус копания – R_{Emax} , а также размеры гусеничной тележки – L_2 , L_3). При разработке рабочей документации наибольшие затруднения вызывает расчет минимального радиуса копания исходя из действующих правил организации безопасного производства земляных работ. В этой связи приводим выражение для вычисления R_{Emin} :

$$R_{Emin} = L_P + 0,5L_2 \text{ (м.)} \quad (2),$$

где L_P – безопасное расстояние от опоры экскаватора до кромки дна котлована на проектной отметке, устанавливается исходя из расчета призмы обрушения, например, по ВСН 38-96;

- L_2 – расстояние от опоры экскаватора до оси вращения (как правило, $0,5L_2$), вычисляется по данным технического паспорта землеройной машины.

На первый взгляд, задача решена. Определены все геометрические характеристики для нахождения координат технологических стоянок в пространстве (на чертеже плана котлована). Однако, при более детальном погружении в описание деталей, появляется необходимость оценивать технические возможности экскаватора разрабатывать грунт до проектной отметки с поверхности земли, а также определение координат первой стоянки экскаватора и объема работ на этой стоянке. В качестве примера приведем математическое выражения условия, которое может применяться для определения координаты по оси абсцисс (X) для первой технологической стоянки (понятно, что координата по оси ординат равна $Y = 0,5B$, рис. 1):

$$R_{E \max} - R_{E \min} - 2x_S \begin{cases} \geq 0 \Rightarrow X_E = R_{E \max} \\ < 0 \Rightarrow X_E = R_{E \min} + \frac{R_{E \max} - R_{E \min}}{2} \end{cases} \quad (3)$$

где X_E – расстояние от оси котлована на поверхности земли до первой стоянки экскаватора;
 - x_S – длина откоса по дну котлована, установленная в соответствии с требованиями прил. 1.10 ГЭСН 81-02-01-2020.

ВЫВОДЫ

Таким образом, следует сделать вывод о том, что типовые технологические карты, разработанные в большинстве в прошлом веке, не учитывают требований по детализации описания технологического процесса, на уровне, необходимом для построения информационных моделей. Необходимо отметить, что применительно к землеройным машинам детализация информационной модели должна предусматривать не только определение координат технологических стоянок, но и положение рабочего органа (ковша экскаватора) землеройной машины в любой момент времени. Для того, чтобы строить модели в деталях описывающие каждый технологический цикл, необходимо решить несколько научных задач. К числу таких задач следует отнести:

1. Принимая во внимание, что ширину забоя рекомендованную [1] нельзя отнести к максимальной, то требуется научное обоснование проектируемой ширины лобового и бокового забоев экскаватора.

2. Простота определения координат технологических стоянок экскаватора, предложенная в настоящей работе, на самом деле требует обоснования. В этом случае, вероятно, наиболее эффективно применять методы математической логики, применяемые при решении задач размещения.

3. При описании траектории движения рабочего органа экскаватора при разработке грунта с погрузкой в автомобили-самосвалы, необходимо учитывать требования ГОСТ 30067-93 по предельному углу поворота рабочей платформы (установлен в размере 90°). Кроме этого, важно оценивать продолжительность поворота, а также затрачиваемые при этом энергетические ресурсы.

4. Следует предположить, что детальное построение информационной модели разработки грунта в котлованах экскаваторами с погрузкой в автомобили-самосвалы, может быть использовано для программирования беспилотной работы землеройной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические схемы применения новых средств механизации земляных работ. М. ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1982 г. 108 с.
2. Кочеткова М.В., Науменко К.В., Фомичева Е.С. Рациональное использование одноковшовых строительных экскаваторов // Образование и наука в современном мире инноваций, 2019, № 3, С. 213 – 220.
3. Доценко А.И., Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Пути повышения эффективности землеройно-транспортных машин // Вестник МАДИ, 2019, № 4, С. 41 – 46.
4. Klanfar M. Herceg V. Kuhinek D. Sekulic K Construction and testing of the measurement system for excavator productivity // Rudarsko-Geolosko-Naftni zbornik, 2019, V/ 34, № 2, pp. 51-58.
5. Сафронов В.П., Зайцев Ю.В. Расчетная модель и программа расчета механической системы исполнительного органа гидравлического экскаватора // Горное оборудование и электромеханика, 2019, № 3, С. 33 – 38.
6. Feng H. Yin CB. Li R. Ma W. Yu HF. Cao DH. Zhou JJ. Flexible virtual fixtures for human-excavator cooperative system // Automation in construction, 2019, V. 106, doi: 10.1016/j.autcon.2019.102897.
7. Huang J., Wang D., Wang X.-Q., Yin Q., Shao, F.-M. Intelligent recognition method for working-cycle state of hydraulic excavator // Zhejiang Daxue Xuebao (Gongxue Ban)/Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2019, V. 53, № 9, pp. 1663-1673.
8. Okishiba S., Fukui R., Takagi M., Azumi H., Warisawa S., Togashi R., Kitaoka H., Ooi, T. Tablet interface for direct vision teleoperation of an excavator for urban construction work // Automation in Construction, V. 102, pp. 17-26

9. Yeom D-J., Yoo H-S., Kim Y-S. 3D surround local sensing system H/W for intelligent excavation robot (IES) // Journal of Asian architecture and building engineering, 2019, V. 18, № 5, pp. 439 – 456. doi: 10.1080/13467581.2019.1679148.
10. Lee J., Kim B., Sun D., Han C., Ahn Y. Development of unmanned excavator vehicle system for performing dangerous construction work // Sensors (Switzerland), V. 19 № 22, an 4853.
11. Сахапов Р.Л. Спутниковые навигационные системы управления учебными динамическими моделями // Инновации в сельском хозяйстве, 2019, № 1, С. 222 – 230.
12. Groll T., Hemer S., Ropertz T., Berns K. Autonomous trenching with hierarchically organized primitives // Automation in construction, 2019, V. 98, pp. 214 – 224. doi: 10.1016/j.autcon.2018.11.016.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ» В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

П.Б. Каган¹, А.О. Рыбакова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹kagan@mgsu.ru

²ryibakovaao@mgsu.ru

Аннотация

В данной статье рассмотрены особенности технологии «Интернет вещей», способы интеграции данного направления цифровых технологий в различных областях, а также его достоинства и недостатки. Подробно изучена возможность взаимодействия «Интернет вещей» и традиционных строительных технологий. Проанализированы перспективы внедрения технологии «Интернет вещей» в строительной отрасли на всех этапах производства. Целью данного исследования является определение новых направлений развития цифровых технологий на основе решения проблемных вопросов взаимодействия концепции «Интернет вещей» и строительного производства. На основе выделенных способов рационализации строительства и новых направлений развития, подробно представлены существующие достижения технологии «Интернет вещей» в строительстве, а также реальные проблемы, ограничивающие развитие интеграции технологии «Интернет вещей» в строительное производство. В результате работы представлены преимущества «Интернета вещей» в отдельных задачах строительного проектирования и производства, существующие сложности реализации внедрения и перспективы развития.

ВВЕДЕНИЕ

Основной тенденцией развития современного мира является постоянное внедрение во все сферы жизнедеятельности человека информационных технологий различного характера или цифровые технологии. Одним из наиболее перспективных направлений цифровых технологий на сегодняшний день является технология «Интернет вещей».

Технология «Интернет вещей» (Internet of Things, сокр. IoT) – это концепция, в основе которой лежит взаимодействие друг с другом различных вещей без прямого участия человека. Взаимодействие устройств осуществляется посредством объединения в единую сеть. Таким образом, устройства приобретают возможность самостоятельного сбора и обмена информацией, принятия решений. Контролировать работу данных устройств и управлять ими можно с любого гаджета. «Интернет вещей» может использоваться в производстве различного уровня и специфики, в быту, сельском хозяйстве, медицине, машиностроении, строительстве, транспорте, энергетике, телекоммуникациях, военном деле и т.д. [1, 2]

Концепция «Интернет вещей» в строительстве – это совокупность датчиков-устройств связи для сбора данных, облачных хранилищ, технологий аналитики, средств программного взаимодействия и инженерно-технических знаний в области строительства. Данное направление находится на начальном этапе развития и имеет ряд проблем и сложностей реализации. Однако уже сегодня есть определенные достижения, формирующие основу для будущих разработок, в том числе «Интернет вещей» в интеграции с BIM-технологиями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Впервые понятие и концепция «Интернета вещей» было предложено изобретателем Кевином Эштоном в конце двадцатого века в Массачусетском технологическом институте. С различной скоростью и уровнем интереса «Интернет вещей» развивается и на сегодняшний день [3,4]. Благодаря появлению новых технологий и их интеграции с «Интернетом вещей»,

все чаще появляются абсолютно новые перспективы развития и применения в различных областях науки, техники и жизни общества. [5]

Все данные, задействованные в процессе взаимодействия устройств являются основой анализа, минимизации и предотвращения ошибок, повышения эффективности производства и рационализации моделей. [6]

В различных сферах деятельности произошли определённые качественные изменения под влиянием развития «Интернета вещей». В строительной отрасли и индустрии недвижимости на данный момент не произошло существенных изменений, однако в перспективе «Интернет вещей» может оказать огромное влияние на все виды деятельности строительного производства [7]. Следовательно, важно определить пути развития и сформировать задачи для решения посредством «Интернета вещей».

На основе «Интернета вещей» в строительстве можно реализовывать следующие функции, которые играют свою роль не только на конкретном этапе строительства, но и на всем цикле работ:

1. Контроль
2. Управление
3. Анализ данных
4. Принятие решений
5. Производство
6. Мониторинг и ремонт
7. Логистика
8. Безопасность
9. Регистрация времени
10. Управление ресурсами и материально-техническим обеспечением
11. Контроль шума
12. Отслеживание перемещения.

Для максимально эффективной работы можно использовать соответствующие, адаптированные для данной работы приложения или программное обеспечение. Информация может быть использована различными специалистами для принятия профильных решений [8, 9].

Помимо перечисленных функций «Интернета вещей» датчики-контроллеры в on-line режиме могут давать информацию о температуре, открытии-закрытии дверей и окон, координатах, которая может быть использована в различных целях, направленных на повышение качества строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам анализа технологий «Интернета вещей» можно сделать вывод о том, что одним из самых перспективных направлений в развитии «Интернета вещей» является интеграция в технологии информационного моделирования [10]. Таким образом, формируется новый путь развития и рационализации строительства и проектирования.

В редких случаях новые технологии беспрепятственно внедряются в существующие реальные отрасли, и «Интернет вещей» не является исключением. Уже на начальных этапах анализа интеграции строительства и «Интернета вещей» можно определить ряд стоп-факторов и условий, которые значительно ограничивают совместное развитие.

1. Для реализации полноценного процесса внедрения необходима соответствующая команда специалистов, в том числе узкого профиля: программисты, инженеры, электрики, строители и т.д. Важно наличие таких специалистов, которые имеют высокий уровень подготовки как в области проектирования и автоматизации, так и знания в сфере «Интернета вещей». На данный момент еще не существует команды, которая может выполнить комплекс работ интеграции «под ключ», ввиду отсутствия для этого всех необходимых ресурсов.

2. Технология «Интернет вещей» в своей основе подразумевает высокий уровень работы с различными данными. Для максимально эффективной реализации сбора, хранения, анализа информации необходимо наличие соответствующих мощностей и ресурсов, что влечет за собой дополнительное оборудование, сервера и более высокие технологии передачи данных. Данное ограничение влечет за собой как финансовые затраты, так и физические требования.

3. Полноценное функционирование сервисов, объединяющих в себе инструменты автоматизированного проектирования и «Интернета вещей», повлечет за собой необходимость разработки аппаратного и программного обеспечения более высокого уровня. Без увеличения мощностей и улучшения характеристик существующее оборудование будет с трудом справляться с новыми задачами или не будет адаптировано вообще. Для создания высокотехнологичного обеспечения для работы необходимо потенциальное задание о определенном промежутке времени.

4. При наличии большого объема различной информации, которая часто располагается в облачных хранилищах, возникает проблема информационной безопасности. Методы защиты данных должны не только обеспечиваться на максимально высоком уровне, но и постоянно совершенствоваться для предотвращения кибератак. Кибербезопасность в вопросе функционирования BIM-технологий и технологий «Интернета вещей» является одним из ключевых требований работы. Малейшая утечка информации может нанести непоправимый ущерб нескольким компаниям одновременно.

5. Большой объем данных и необходимость их постоянного анализа для дальнейшей работы создает объем работы для аналитики, а также стимулирует разработку новых правил и алгоритмов принятия решений. Принятие решений в данном вопросе двухуровневое:

- 1) принятие проектных и производственных решений в рамках работы над проектом;
- 2) принятие решений комплексной автоматизированной системы по части ее корректного функционирования.

6. Для эффективной работы в условиях интегрированных инструментов BIM-технологий и технологий «Интернета вещей» с учетом новых алгоритмов работы и задач, не менее важен уровень профессионализма специалистов [11, 12]. Так как данное направление новое, навыков работы в такой системе у персонала практически нет или они недостаточно высокие. Поэтому для полноценной работы необходимо организовать систему обучения большого количества специалистов на разных уровнях и разного профиля работы: программы обучения, программное и аппаратное обеспечение, время и методы изучения.

7. Все вышеперечисленные факторы и уязвимости влекут за собой в первую очередь большой объем финансовых затрат. Затраты включают в себя расходы на оборудование, технологии, аппаратное и программное обеспечение, разработку новых методов и алгоритмов, обучение, создание соответствующей базы и платформы.

В результате анализа интеграции процессов строительства и «Интернета вещей» можно увидеть почему процесс внедрения достаточно длительный несмотря на большое количество потенциальных преимуществ. Однако для ликвидации или минимизации ограничивающих факторов интеграции существуют второстепенные специфические сдерживающие причины. Что одновременно открывает новые направления для развития и тормозит его.

ВЫВОДЫ

Полноценная и максимально эффективная работа в условиях интеграции «Интернета вещей» в строительном производстве – это задача будущего. Несмотря на успешный мировой опыт, синтез BIM-технологий и технологий «Интернета вещей» на сегодняшний день является сложным, высокотехнологичным и дорогостоящим процессом. Упрощение и выполнение

данного процесса откроет новые перспективны и возможности на пути к более полноценному применению данных технологий.

Не смотря на наличие большого количества сложностей реализации, преимущества интеграции значительно выше. Развитие различного рода технологий прямо или косвенно влияют на решение существующих проблем, которые рано или поздно будут ликвидированы. Интеграция BIM-технологий и технологий «Интернета вещей» - это новые направления развития и деятельности, новые возможности для решения задач и повышение профессионализма специалистов различного уровня, что открывает новые горизонты для строительной науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li C. Z., Xue F., Li X., Hong J., Shen G. Q. An internet of things-enabled BIM plat-form for on-site assembly services in prefabricated construction // Automation in Construction. 2018. V. 89. P. 146-161.
2. Tang S., Shelden D.R., Eastman C., Pishdad-Bozorgi P., Gao X. A review of build-ing information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends // Automation in Construction. 2019. V. 101. P. 127-139.
3. Patel K., Patel S. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges // International Journal of Engineering Science and Computing. 2019. V. 6. № 5.
4. Евгеньев Г.Б. Индустрия 5.0. Как интеграция интернета знаний и интернета вещей // Онтология проектирования. 2019. Т. 9. № 1 (31). С. 7-23.
5. Шестернина М.В. Развитие промышленного интернета вещей в современной России // Менеджмент и маркетинг в различных сферах деятельности. Сборник научных трудов. Под редакцией И.Я. Рувенного. Уфа. 2019. С. 254-258.
6. Пономарев Р.Л. Проблемы разработки компонентов «умных» систем в рамках концепции «Интернета вещей» // Гагаринские чтения - 2020. Сборник тезисов докладов. 2020. С. 491-492.
7. Вишняков В.А., Радкевич К.А. Состояние и развитие технологий интернета вещей // Проблемы инфокоммуникаций. 2020. № 1-1 (11). С. 87-94. Безмолитвенная Ю.В., Зубарева Е.Г. Проблемы развития интернета вещей в России (аналитический обзор) // Академия педагогических идей Новация. 2020. № 7. С. 17-22.
8. Козлов А.С., Дудник С.В., Култазин Н.М., Ангапов В.Д., Гринер В. Разработка алгоритмов сбора данных в рамках концепции интернета вещей // Вестник науки и образования. 2020. № 15-2 (93). С. 13-19.
9. Иляева П.Е. Интернет вещей в строительстве и эксплуатации зданий // Информационные технологии в современном мире - 2019. материалы XV Всероссийской (с международным участием) студенческой конференции. под науч. ред. Н. В. Хмельковой. 2019. С. 129-134.
10. Колчин В.Н. Специфика применения технологии "интернет вещей" в строительстве // Инновации и инвестиции. 2017. № 5. С. 19-22.
11. Порошкина В.В., Матицин И.Н. Применение концепции "интернет вещей" в промышленности // Теория. Практика. Инновации. 2018. № 11 (35). С. 109-118.
12. Каган П.Б. Повышение эффективности организационно-технологического проектирования в строительстве за счет его модернизации с использованием современных цифровых технологий // Отходы и ресурсы, 2020 №1, <https://resources.today/PDF/09INOR120.pdf> (доступ свободный). Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/09INOR120.

КЛАССИФИКАТОР ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

О.Н. Кузина¹, Л.Е. Щедрина², О.А. Мезенцева³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26,

¹kuzinaon@mgsu.ru

²leshedr@mail.ru

³olgonica@gmail.com

Аннотация

Классификатор цифровых технологий – это систематизированный перечень используемых при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства, технологий и оборудования, машин и механизмов, каждому из которых присвоен определённый код, гармонизированный с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности.

Классификатор цифровых технологий позволит решать следующие задачи: классификация и кодирование новых строительных технологий для целей ценообразования в строительной отрасли; формирования проектов организации строительства и проекта производства работ; проведение мониторинга стоимости работы; обеспечение унификации, автоматизации расчёта стоимости строительства объектов с применением прикладных программных продуктов.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10 - 15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечить:

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

А в соответствии с поручением Президента РФ от 19 июля 2018 года N Пр-1235 Правительству в целях модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства необходимо обеспечить:

- переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства (далее - система управления) путем внедрения технологий информационного моделирования;

- принятие стандартов информационного моделирования, а также гармонизацию ранее принятых нормативно-технических документов с международным и российским законодательством;

- формирование библиотек типовой проектной документации для информационного моделирования;

- подготовку специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве;

- стимулирование разработки и использования отечественного программного обеспечения для информационного моделирования зданий и сооружений [3].

Сквозными технологиями цифровой экономики являются:

- ❖ большие данные (1),

- ❖ нейротехнологии (2),
- ❖ искусственный интеллект (3),
- ❖ системы распределённого реестра (блокчейн) (4),
- ❖ квантовые технологии (5),
- ❖ новые производственные технологии (6),
- ❖ промышленный интернет (7),
- ❖ робототехника (8),
- ❖ сенсорика (9),
- ❖ беспроводная связь (10),
- ❖ виртуальная и дополненная реальности (11)[7].

В настоящей статье предлагается классификатор строительных работ, которые могут быть выполнены с помощью цифровых технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В строительной отрасли применимы следующие сквозные цифровые технологии:

- ✓ Большие данные (1) – в части разработки градостроительных и инвестиционных решений;
- ✓ Искусственный интеллект (3) – в части разработки градостроительных и инвестиционных решений;
- ✓ Системы распределённого реестра (блокчейн) (4) – в части финансирования и логистики строительных проектов;
- ✓ Новые производственные технологии (6) – в части производства строительных материалов и изделий, аддитивные и гибридные технологии;
- ✓ Промышленный интернет (7) – концепция построения инфокоммуникационных инфраструктур, подразумевающая подключение к сети Интернет оборудования, датчиков, сенсоров, автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП);
- ✓ Робототехника (8) – в части механизации строительного производства и эксплуатации;
- ✓ Сенсорика (9) – в части использования оборудования, обеспечивающего технологическое назначение зданий и сооружений;
- ✓ Беспроводная связь (10) – в части инженерного обеспечения ЗиС;
- ✓ Виртуальная и дополненная реальности (11) – в части информационного моделирования объекта капитального строительства.

Технология больших данных позволяет обрабатывать большое количество информации с невозможной для человека скоростью. На программы возлагают такие задачи, как управление базами данных, создание и анализ отчетов. Большие данные в совокупности с 3D и 4D технологиями позволяют оперативно обнаруживать ошибки и четко прогнозировать результаты процессов, осуществлять мониторинг проекта в режиме реального времени. Так же технология больших данных позволяет осуществлять удалённую работу над проектом специалистами, обмениваясь колоссальными объемами данных. Внедрение в проект всех стоимостных характеристик с ее помощью позволит в итоге осуществлять эффективное бюджетирование проекта. Пример: Составление инженером отчета по болтам в конструкции. Инженер вручную обрабатывает всю конструкцию, составляя спецификацию по каждому болту и соединяемым им конструкциям. Программа совершает этот анализ также, занимая при этом два-три часа времени, в то время как инженеру на это потребуется несколько дней.

Главной особенностью технологии искусственного интеллекта и машинного обучения в сравнении с другими является его развитие. Чем дольше определенная система работает с проектами одной компании, тем более эффективные решения она начинает предлагать для решения тех или иных задач.

Помимо очевидных задач, где требуется решение сложных алгоритмов, обработка математических моделей и совершение сложных вычислений, искусственный интеллект так же эффективен при решении вопросов логистики на этапе планирования стройплощадки, а именно осуществления грамотных поставок материалов и организации их хранения (складирования) на месте строительства. При переводе на электронные носители всей документации компании, так же возможен анализ её ИИ и указание на проблемы, неточности или ошибки. Уход с бумажных носителей так же затронет вопрос экологичности предприятия.

Технологии ИИ способны на основе анализа системы предсказать возможные риски и неоднозначные моменты в решениях проекта. Применение данной технологии повышает уровень безопасности строительного производства на 20% - 25% по данным статистики Autodesk.

Системы распределенного реестра в строительной области применяются на этапе планирования инвестиций для проекта, распределения продаж и капиталовложений в проект. Непосредственно на уровне строительства данные системы неэффективны и не находят своего применения.

Новые производственные технологии влияют на эффективность и быстроту возведения здания, на экологичность его для окружающей среды, а также на безопасность работы с теми или иными материалами непосредственно для самих строителей и рабочих. Ускоренный монтаж может как повысить скорость возведения объекта, так и уменьшить финансовые затраты, и оба факта приведут к уменьшению капиталовложений в проект при той же суммарной конечной выгоде. Так же новые материалы увеличивают срок службы здания или сооружения, сокращая расходы на ремонт для эксплуатирующих компаний [4].

Промышленный интернет или интернет вещей используется как средство мониторинга ситуации на строительной площадке, а также средство контроля над происходящим. Как правило данная технология неразрывно связана с технологиями больших данных, позволяющих осуществлять обработку полученной информации. Воплощение технология IoT находит в применении телефонов, планшетов, часов, объединённых в единую сеть и позволяющих как получить доступ к общей базе данных, так и внести туда необходимые данные, полученные непосредственно с места событий. Так же в синтезе с технологиями GPS локация интернет вещей позволяет осуществлять мониторинг местонахождения рабочих на строительной площадке посредством часов, касок и т.д. И обеспечить высокий уровень безопасности в местах с роботизированной строительной техникой.

Робототехника применяется на различных этапах строительства. При этом роботизированными становятся как привычные на строительной площадке машины, так и новые разработки.

Рассмотрим распределение некоторых видов строительных работ, которые могут быть выполнены с использованием сквозных цифровых технологий.

Так, при производстве подготовительных и земляных работ автоматизируются работы по планированию территории объекта (выравнивание поверхности), разработки траншей и котлованов.

На этапе монтажа конструкций находят применение системы автоматической и автоматизированной кладки кирпича, манипуляторы, роботы-подъемники.

Автоматизируются штукатурные (робот-штукатур), покрасочные (дроны для покраски) и работы по остеклению (вакуумный подъемник). Также роботы применяются для осуществления сноса и демонтажа зданий и конструкций.

Сенсоры используются для сбора информации на любом этапе строительства. Роботизированные машины оснащаются датчиками – контроля и регулирования, местоположения и другими. Также датчики устанавливаются для мониторинга строительных конструкций [6].

Основное применение беспроводной связи на строительной площадке – обеспечение бесперебойной коммуникации между участниками процессов, а также формирования баз больших данных, для работы с которыми необходимы алгоритмы искусственного интеллекта. Еще одно направление – беспроводное видеонаблюдение. Таким образом можно обеспечить постоянный контроль за объектом строительства. При использовании роботизированных машин и механизмов управление ими также ведется с применением технологий беспроводной связи.

Значительную долю задач, решаемых с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности, составляют маркетинговые задачи – возможность продемонстрировать будущий объект строительства с эффектом присутствия в нем. Также при проектировании сложных зданий и сооружений технологии виртуальной реальности помогают определить лучшие архитектурные и планировочные решения, расположение инженерных коммуникаций и другое. Непосредственно на этапе строительства VR-технологии используются для обучения специалистов, выполняющих сложные или опасные работы, посредством моделирования и отработки возможных ситуаций. Кроме того, эти технологии целесообразно использовать для проведения контроля монтажа конструкций при установке их в проектное положение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Классификатор цифровых технологий (КЦТ) – это сгруппированный по различным признакам перечень технологий, применяемых в строительстве объектов, где каждой из них присвоен уникальный код, в соответствии с их общими признаками или различиями. Классификаторы применяются для упрощения работы по сбору информации и систематизации данных, а также используются для указания кодов в различных унифицированных документах [2].

Критерии применения сквозных цифровых технологий на строительной площадке являются по сути объективные причины:

- наличие большого объема получаемых данных на этапе строительства и объема документации;
- необходимости постоянного контроля процессов;
- наличие сложных аналитических задач или сложных вычислений;
- необходимость постоянного контроля стройплощадки;
- опасные технологические процессы;
- наличие большого количества однотипных работ;
- значительные расстояния между участниками строительства, строительной площадки и поставщиков;
- необходимость наглядного представления проектной документации на этапе строительства или эксплуатации.

Классификатор цифровых технологий в строительстве может быть построен по следующим признакам:

- по способу реализации в автоматизированных системах – традиционные и сквозные;
- по степени охвата задач управления - электронная обработка данных, автоматизация функций управления, поддержка принятия решений, электронный офис, экспертная поддержка;
- по классам реализуемых технологических операций;
- типу пользовательского интерфейса;
- по видам обрабатываемой информации;
- по обслуживаемой предметной области, то есть видам строительных работ.

Внутренняя структура Классификатора цифровых технологий представлена тремя категориями информации:

- Типы объектов и Стадия жизненного цикла;
- Виды строительных работ с нормативными ресурсами;
- Вид применяемых цифровых технологий.

Информация по каждой категории сгруппирована в отдельные уникальные классификационные таблицы.

Информационные источники по видам строительных работ:

- действующее российское законодательство в сфере градостроительной деятельности
- нормативно-техническая база в строительстве (в части процессов на всем протяжении ЖЦ ОКС)

- ОКВЭД 2 — Раздел F. Строительство

- ОКПД 2 — Общероссийский классификатор продукции по видам деятельности (Раздел F — Сооружения и строительные работы)

- ГЭСН-2001 — Общестроительные работы

- ГЭСНр-2001 — Ремонтные работы

- ГЭСНм-2001 — Монтажные работы

- ГЭСНп-2001 — Пусконаладочные работы

Референтные КТ:

- OmniClass — Table 22 Work results

- CoClass — PR Work result

- CoClass — FA Maintenance activities

Таблица 1. Фрагмент структуры классификатора

Код	Типы объектов и стадия ЖЦ	Виды строительных работ с нормативными ресурсами	Вид применяемых цифровых технологий
1_1_3_06-01-003	МКД (1), строительство (3)	Устройство бетонных и железобетонных фундаментов с помощью автобетононасоса (ГЭСН)	Большие данные (1)
3_1_2_81_02_01_2020	МКД(1), проектирование (2)	Расчет НМЦК МКД (НЦС)	Искусственный интеллект (3)
6_8_3_30-01-018	Мост (8), строительство (3)	Сооружение сборных железобетонных опор мостов (ГЭСН)	Новые производственные технологии (6)
7_2_4_101	ПЗ (2), эксплуатация (4)	Мониторинг работы инженерных систем (101)	Промышленный интернет (7)
10_2_3_100	ПЗ (2), строительство (3)	Строительный контроль (100)	Беспроводная связь (10)
11_1_4_64-16	МКД (1), эксплуатация (4)	Смена лепных гербов высотой до 500 мм (ГЭСНр)	Виртуальная и дополненная реальности (11)

ВЫВОДЫ

Согласно проведенному анализу мировой практики на примере существующих широко применяемых зарубежных систем строительной классификации (OmniClass, Uniclass 2015, CCS, CoClass) наиболее развитыми с технологической и методологической точек зрения

являются классификаторы «третьего поколения», которые также можно назвать «цифровыми» классификационными системами[1].

Структура классификатора строительных цифровых технологий позволяет:

- обеспечить единую методологию и принципы классификации для всех строительных работ, для реализации которых необходимо применить цифровые технологии;
- применить единые правила идентификации и кодирования цифровых технологий и соответствующих им атрибутивных наборов, обеспечивающие совместимость данного классификатора с существующими системами классификации (общенациональными, ведомственными и корпоративными);
- реализовать индексацию и структурирование всего массива данных строительных систем, связанных с управлением жизненным циклом объектов;
- обеспечить качественно новый уровень формирования, обработки и достоверности данных, на основании которых принимаются решения [1,5].

Классификатор цифровых технологий позволит решать следующие задачи: классификация и кодирование новых строительных технологий для целей ценообразования в строительной отрасли; формирования проектов организации строительства и проекта производства работ; проведение мониторинга стоимости работы; обеспечение унификации, автоматизации расчёта стоимости строительства объектов с применением прикладных программных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкодав В.А, Волкодав И.А. Разработка структуры и состава классификатора строительной информации для применения bim-технологий//Вестник МГСУ. Том 15. Выпуск 6, 2020
2. Князюк Е.М., Мирза Н.С. Применение строительных классификаторов при информационном моделировании автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1 (8). С. 13–19.
3. Кузина О.Н. Информационное моделирование стоимости объекта строительства на каждом этапе жизненного цикла. Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 1. С. 107-111.
4. Сорокина Е.А., Кузина О.Н. Цифровые двойники в умном городе. // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 498-501.
5. Титова И.Д., Волкодав В.А. История возникновения и развития классификаторов строительной информации // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2020. № 1 (86). С. 20–29.
6. Kuzina O. Conception of the operational information model of smart city control system. E3S Web of Conferences 97, 01024 (2019)
7. Kuzina O. Information technology application in the construction project life cycle//IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

Т.К. Кузьмина¹, П.В. Большакова², Л.И. Ледовских³, Д.Д. Зуева⁴

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KuzminaTK@mgsu.ru

²BolshakovaPV@mgsu.ru

³KochetkovaLI@mgsu.ru

⁴ZuevaDD@mgsu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены особенности работы технического заказчика с применением BIM-технологий. Рассмотрены особенности структуры инвестиционно-строительных контрактов и контрактов на выполнение функций технического заказчика (EPC-контракт, EPCM-контракт). Формализованы требования в контрактах по выполнению работ с использованием технологий информационного моделирования. Выделены основные блоки информационных требований заказчика для организации работы технического заказчика в условиях информационного моделирования и перехода к цифровой экономике.

Создание единого цифрового пространства для всех участников инвестиционно-строительной деятельности является одной из приоритетных задач строительной отрасли на современном этапе. С 2015 года и по настоящее время в Российской Федерации разрабатываются национальные стандарты, своды правил, утверждаются планы мероприятий («дорожные карты»), проводятся конкурсы, выдаются гранты, посвященные развитию BIM-технологий в строительстве.

Основные проблемы, возникающие с применением информационного моделирования в работе технического заказчика, связаны с применением современных технологий управления проектами, формированием требований заказчика и граничных условий на каждом этапе, обеспечением качества и достоверности передачи информации от одного участника строительства к другому на разных этапах реализации проекта.

Изучение лучших практик и обобщение результатов, при реализации плана мероприятий ("дорожной карты") "Совершенствование правового регулирования градостроительной деятельности и улучшение предпринимательского климата в сфере строительства" по контрольному показателю «Получение разрешения на строительство», выявило одну из основных проблем, возникающих при получении данной услуги в электронном виде - это низкая грамотность застройщиков, технических заказчиков в сфере использования информационных технологий.

Анализ организаций, выполняющих функции технического заказчика, показал, что в настоящее время контракты на выполнения работ с использованием ТИМ формализуются дополнительными приложениями

В результате проведенного исследования определено место технического заказчика в управлении проектами, выявлено что согласно действующему законодательству на каждом этапе реализации инвестиционно-строительных проектов может привлекаться несколько различных служб технического заказчика (в зависимости от наличия допусков) и в связи с отсутствием единого информационного пространства хранения данных наблюдается снижение достоверности и качества информации при передаче ее от одного участника строительства к другому.

ВВЕДЕНИЕ

Создание единого цифрового пространства для всех участников инвестиционно-строительной деятельности является одной из приоритетных задач строительной отрасли на

современном этапе. С 2015 года и по настоящее время в Российской Федерации разрабатываются национальные стандарты, своды правил, утверждаются планы мероприятий («дорожные карты»), проводятся конкурсы, выдаются гранты, посвященные развитию BIM-технологий в строительстве [1, 2, 3].

Одним из основных участников, осуществляющих управление инвестиционно-строительными проектами на всех стадиях жизненного цикла таких проектов, являются строительные организации, выполняющие функции технического заказчика [4, 5].

Технический заказчик (в зависимости от контракта) сопровождает реализацию проекта на каждом этапе, начиная от сбора исходных данных и заканчивая сдачей и вводом законченного строительством объекта в эксплуатацию.

Основные проблемы, возникающие с применением информационного моделирования в работе технического заказчика, связаны с применением современных технологий управления проектами, формированием требований заказчика и граничных условий на каждом этапе, обеспечением качества и достоверности передачи информации от одного участника строительства к другому на разных этапах реализации проекта [6, 7, 8].

В таких условиях, выявление особенностей внедрения и применения BIM-технологий в деятельности технического заказчика является одной из актуальных проблем в настоящее время.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2013 года в Москве реализуется получение услуг по выдаче разрешительных документов в электронном виде, в том числе услуг по выдаче заключений государственной экспертизы проектной документации и по выдаче разрешения на строительство.

На сегодняшний день, к примеру, исключительно в электронном виде в Москве предоставляется 15 государственных услуг. Можно получить удаленно услуги по выдаче градостроительного плана земельного участка, по выдаче архитектурно-градостроительных решений, по выдаче заключения государственной экспертизы, по выдаче разрешения на строительство и т.д.

С 2018 г. появилась возможность получить в электронном виде услуги ресурсоснабжающих организаций, в частности подача заявок на получение технических условий, заключение договоров о подключении, получение актов технологического присоединения.

Изучение лучших практик и обобщение результатов, при реализации плана мероприятий ("дорожной карты") "Совершенствование правового регулирования градостроительной деятельности и улучшение предпринимательского климата в сфере строительства" по контрольному показателю «Получение разрешения на строительство», выявило одну из основных проблем, возникающих при получении данной услуги в электронном виде - это низкая грамотность застройщиков, технических заказчиков в сфере использования информационных технологий [9, 10, 11].

Предоставление разрешительных услуг в электронном виде позволило застройщикам, техническим заказчикам сократить время за счет ускорения обмена информацией между всеми участниками строительного процесса, но отсутствие единой информационной среды получения услуг в электронном виде приводит к необходимости использования огромного перечня электронных ресурсов, таких как: Федеральный и региональный порталы государственных и муниципальных услуг, информационную систему обеспечения градостроительной деятельности, федеральную государственную информационную систему территориального планирования, федеральную информационную адресную систему, ЕИСЖС, единый реестр заключений экспертизы.

В условиях рыночной экономики единственным правовым документом, регулирующим взаимоотношения между техническим заказчиком и застройщиком (заказчиком, инвестором) является договор (контракт). Переход к цифровой экономике predetermined появление

контрактов на выполнение функций технического заказчика с применением технологий информационного моделирования (далее – ТИМ).

Выделим особенности ЕРС-контрактов (Engineering, Procurement, Construction) и ЕРСМ-контрактов (Engineering, Procurement, Construction Management).

При ЕРС-контракте решение задач по проектированию, закупкам оборудования, строительству возлагается на Исполнителя, как правило, Генерального подрядчика. При этом заказчик фиксирует в договоре финансовую и правовую ответственности генподрядчика в части реализуемых этапов и в дальнейшем получает уже готовый объект «под ключ». При таком контракте со стороны контроль и управление со стороны заказчика осуществляются в минимальном объеме. Как правило, договоры с субподрядными организациями заключает генеральный подрядчик.

При ЕРСМ-контракте решение задач по проектированию, закупкам оборудования, управлению строительством возлагается на Исполнителя – Генерального подрядчика. В большинстве случаев при таком контракте генеральный подрядчик также исполняет функции управляющего проектом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Место технического заказчика при реализации инвестиционно-строительных проектов определяется в зависимости от заключенного договора с застройщиком, инвестором, заказчиком. На современном этапе служба технического заказчика является для инвестора, заказчика и застройщика профессиональным партнером, представляющим их интересы и являющимся для них гарантом в обеспечении качества выполняемых услуг в области изысканий, проектирования, строительства объектов и управления строительством.

В таких условиях необходимо выделить основные требования, предъявляемые к техническим заказчикам:

1. Является юридическим лицом;
2. Является членом саморегулируемой организации (область в зависимости от выполняющих функций по договору). При этом право на осуществление функций технического заказчика должно быть подтверждено Выпиской из реестра членов СРО.
3. Наличие руководителя, имеющего высшее образование соответствующего профиля и стаж работы не менее 5 лет;
4. Наличие не менее 2-х специалистов по основному месту работы, сведения о которых включены в национальный реестр специалистов, предусмотренный статьей 555-1 ГрК РФ, трудовая функция которых включает организацию строительства.

Следовательно, в реализации инвестиционно-строительных проектов на различных этапах могут принимать участие одна и более организаций, выполняющих функции технического заказчика.

При этом, когда привлечено более одной организации, выполняющей функции технического заказчика при реализации в рамках одного проекта, наблюдается снижение качества передаваемой информации (по результату выполненного объема).

Кроме того, анализ организаций, выполняющих функции технического заказчика, показал, что в настоящее время контракты на выполнения работ с использованием ТИМ формализуются дополнительными приложениями:

1. Технические требования (или задание на проектирование) по использованию ТИМ при выполнении проектных, изыскательских и подрядных работ по строительству.
2. Информационные требования заказчика по реализации ТИМ.
3. Правила проектной работы и реализации проекта с использованием ТИМ.

Информационные требования заказчика (Employer Information Requirements) являются документом, в котором перечисляются как подлежащая представлению в рамках договора

исполнителем заказчику информация, так и процессы реализации информационных задач, необходимые к внедрению исполнителем в рамках реализации проекта.

Можно выделить основные блоки в информационных требованиях заказчика, которые включают в себя технические требования, требования по управлению проектом, коммерческие и финансовые условия (рисунок 1).

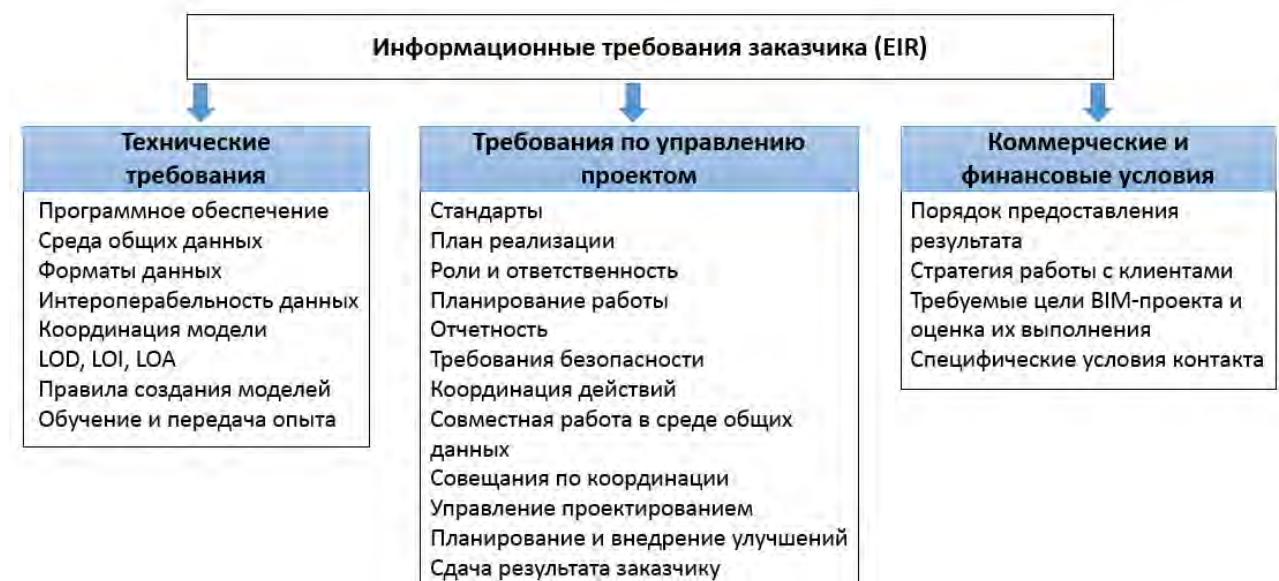


Рис. 1. Структура информационных требований заказчика (Employer Information Requirements)

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования определено место технического заказчика в реализации инвестиционно-строительных проектов.

Систематизированы данные структуры информационных требований заказчика для организации работы технического заказчика в условиях информационного моделирования и перехода к цифровой экономике.

Выявлено что согласно действующему законодательству на каждом этапе реализации инвестиционно-строительных проектов может привлекаться несколько различных служб технического заказчика (в зависимости от наличия допусков) и в связи с отсутствием единого информационного пространства хранения данных наблюдается снижение достоверности и качества информации при передаче ее от одного участника строительства к другому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Мартянова А.А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 326-330.
2. Гинзбург А.В., Шилова Л.А., Шилов Л.А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. 2017. № 9. С. 16-20.
3. Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Аль-заиди З.А. Применение BIM-технологий на территории Российской Федерации // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 331-334.
4. Синенко С.А., Кузьмина Т.К. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) // Научное обозрение. 2015. №18. С. 156-159.
5. Кузьмина Т.К., Синенко С.А. Информационное моделирование строительства в работе технического заказчика // Естественные и технические науки. 2015. № 11 (89). С. 637-639.
6. Лapidус А.А., Говоруха П.А. Обзор информационных систем в строительной индустрии // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 341-344.

7. Топчий Д.В., Токарский А.Я. Совершенствование процесса управления строительными работами посредством применения информационных моделей при осуществлении надзорных процедур // Строительное производство. 2019. № 2. С. 30-35.
8. Сенин Н.И., Ширшиков Б.Ф., Сафина Л.Х. Информационные технологии расчета и проектирования зданий и сооружений на основе современных программных комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 9. С. 60-62.
9. Кузьмина Т.К. О некоторых проблемах инвестиционного климата в области строительства // Научное обозрение. 2016. № 21. С. 192-195.
10. Morozov S., Kuzmin K., Pogodin D., Kochetkova L., Rogozhina A. Modeling of the management of the microwave grain drying process // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2019. С. 02142.
11. Ginzburg A. Information modeling of the construction and demolition waste system // В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 01020.

СЕМАНТИЧЕСКИЕ АТРИБУТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

К.Ю. Лосев, А.М. Якубович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, LossevKY@mgsu.ru

Аннотация

Исследование способствует анализу информационных потоков в жизненном цикле зданий. Информационная поддержка зданий и сооружений продекларирована как подход уже более десяти лет. За это время появился ряд международных нормативных документов, рассматривающий различные аспекты такой информационной поддержки. Предметом данной статьи являются международный стандарт ISO 14040 и сопутствующие ему стандарты, описывающие на протяжении жизненного цикла зданий интеграцию и оценку входных и выходных показателей, потенциальных влияний их на окружающую среду здания, причем здание понимается как «система изделий», то есть совокупность составных частей и процессов непосредственно относящихся к изделию в его ЖЦ. ISO 14040 является всеобъемлющим стандартом, охватывающим все четыре фазы оценки жизненного цикла технического объекта. Существуют еще три стандарта его дополняющие: ISO 14041 имеет дело с определением цели и сферы применения и методами инвентаризации жизненного цикла; ISO 14042 рассматривает методы оценки воздействия на жизненный цикл; ISO 14043 описывает методы интерпретации жизненного цикла. Объектом рассмотрения статьи является информационная модель здания, анализируются ее основные семантические атрибуты, и атрибуты, которые требуется включить в модель, согласно стандарту. По результатам анализа предлагаются семантические атрибуты для автоматизации проектирования, отражающие современные подходы к оценке влияния технического объекта на окружающую среду. Также рассматривается влияние требований международного стандарта на характеристики информационной модели, именуемыми "уровень информативности" LoI и "уровень качества" LoQ. Рассматривается связь атрибутов и характеристик с "мерностями" (dimensions) информационной модели. Методика международных стандарта должна внедряться в отечественную практику через взаимодействие. Соотношение количества семантической информации в жизненном цикле зданий является одним из важных вопросов для разработки специализированных информационных систем информационного сопровождения. В статье закладываются основы для разработки модели информационной подсистемы оценки влияния здания как "системы изделий" на окружающую среду в процессе его жизненного цикла.

ВВЕДЕНИЕ

Жизненный путь современных технических объектов, категорией которых являются здания и сооружения (Здания), характеризуется наличием информационной модели Зданий, которая является основой информационной поддержки жизненного цикла Зданий. Основное отличие жизненного пути от жизненного цикла в том, что жизненный цикл учитывает и включает в себя трансформацию собранных данных в знания и передачу этих знаний в среду общих данных (СОД) или знаний [1].

Проблема состоит в исследовании информационных потоков в жизненном цикле зданий в связи с увеличением объема информации в процесс жизненного пути Зданий и мозаичностью (негомогенностью) представления их информационных моделей [2].

Информационную модель здания (ISO 19650-1) отражают несколько используемых в профессиональном сообществе понятий: уровень информационного моделирования на предприятии проектно-строительной сферы (BIM Level), измерение модели (BIM Dimension), уровни (ISO/WD TS 27878): геометрии (LoG), информативности (LoI), развития (LoD),

точности (LoA) , качества (LoQ), надежности (LoR) [3, 4], - принципиальная взаимосвязь которых представлена на Рис.1:

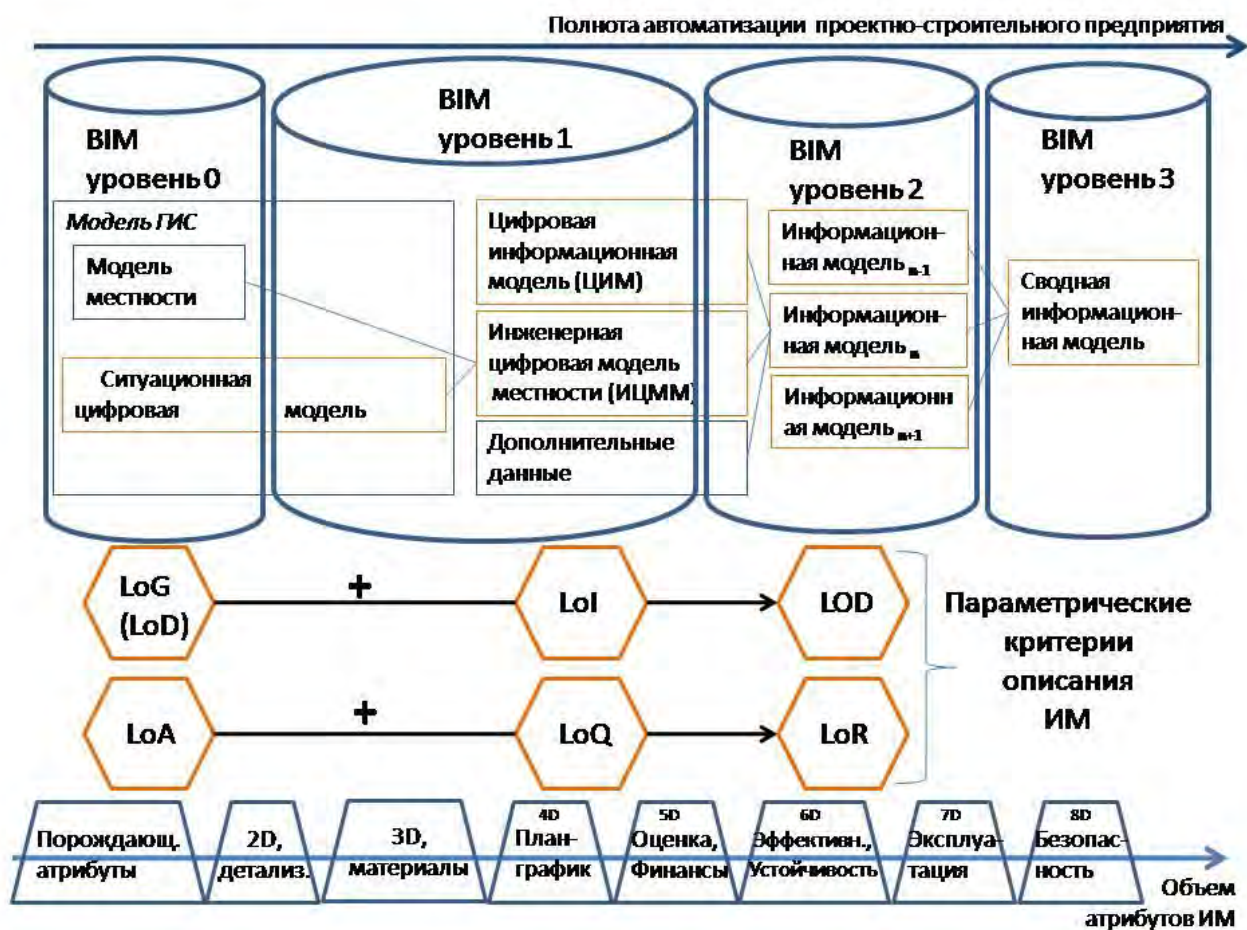


Рис.1. Инфографическая модель понятий информационной модели Зданий

Разделение атрибутов информационной модели на порождающие, геометрические и семантические предложено для формирования инфографических представлений информационных моделей Зданий и проведения триадного анализа взаимного влияния атрибутов [3]. Информационная поддержка зданий и сооружений продекларирована как подход уже более десяти лет, причем впервые подобное требование появилось в Технологическом регламенте безопасности зданий и сооружений (Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ).

В современной ситуации экологических проблем, эпидемиологических проблем антропогенного характера одной из основных категорий семантических атрибутов является категория технологических и биологических воздействий Зданий на окружающую среду. В корпусе нормативных документов, посвященных жизненному циклу технических объектов уже выделился ряд стандартов, посвященных оценке влияния технических объектов на окружающую среду в их жизненном цикле, через введение понятия «системы изделия»: life cycle assesment (LCA) [5, 6, 7, 8]. Наиболее всеобъемлющим является стандарт ISO 14040. Он охватывающим все фазы оценки жизненного цикла технического объекта. Существуют еще три стандарта, дополняющие стандарт ISO 14040. ISO 14041 имеет дело с определением цели и сферы применения и методами инвентаризации жизненного цикла. ISO 14042 рассматривает методы оценки воздействия на жизненный цикл, ISO 14043 методы интерпретации жизненного цикла и ISO 14044:2006 определяет требования к управлению охраной окружающей среды вокруг объекта в течение его жизненного цикла.

Собственно, «система изделия» трактуется в стандартах как совокупность составных частей и процессов непосредственно относящихся к изделию (техническому объекту) в его жизненном цикле. Можно сказать, что "система изделия" соответствует машиностроительному термину "паспорт изделия" и используется в процедурах: "инвентаризации система изделия" LCI (инвентаризации жизненного цикла) и LCIA (оценке влияния системы изделия на окружающую среду).

Необходимо проанализировать соответствующие международные стандарты, выделить категории семантических атрибутов и установить их связь с параметрическими критериями описания информационной модели, "мерностями" информационной модели и разделами архитектурно-строительного проекта (Постановление правительства РФ от 16.02.2008. N 87), что поможет в практической деятельности определять временные рамки информационной поддержки Зданий по данной тематике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы сравнения и аналогий соответствия проблематике информационной поддержке Зданий в их жизненном цикле были применены к анализу опубликованных международных стандартов по теме Life Cycle Assessment: ISO 14040 (14041, 14042, 14043, 14044), ISO/TS 14072:2014, EN 15804+A1, EN 15804+A2, ISO 21930:2017, ISO 14067:2018, . Данные стандарты явились объектом исследования и изучения с точки зрения интеграции и оценки входных и выходных показателей, а также потенциальных влияний на окружающую среду на протяжении Жизненного цикла Зданий. В первую очередь внимание уделялось прямому соответствию текста стандарта и проблематике информационной поддержки в на ранних этапах проектной стадии жизненном цикле Зданий. Материал был собран в категории для минимизации семантических атрибутов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Методически обобщив материал, было выделено 8 семантических атрибутов Здания, требующих обязательных параметров на стадии формирования технического задания на проектирование Здания по теме, посвященной оценке влияния Зданий на окружающую среду в их жизненном цикле:

- а) Интегральная эмиссия CO₂ на 1 кв. метр площади материала, CO₂эквивалент;
- б) Интегральная эмиссия взвешенных частиц (PM - particulate matter) на 1 кв. метр площади материала, кг;
- в) Интегральная эмиссия хлорфторуглеродов (CFCs - chlorofluorocarbons) на 1 кв. метр площади материала, кг;
- г) Степень утилизации изделия (recycling), %;
- д) Истощение невозобновляемых источников энергии, МДж;
- е) Благоприятствование жизни патогенных микроорганизмов, %
- ж) Затраты электроэнергии, кВт.
- з) Объем информационного сопровождения, Мбт.

2. Данные семантические атрибуты элементов зданий связаны с "Постановлением №87" по разделам;

Раздел 1 "Пояснительная записка" подразделы "ж" и "с";

Раздел 3 "Архитектурные решения"

Раздел 4 "Конструктивные и объемно-планировочные решения"

Раздел 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений"

Раздел 7 "Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства"Раздел 8 "Перечень мероприятий по охране окружающей среды"

Раздел 9 "Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности"

Раздел 12 "Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами"

3. Данные семантические атрибуты элементов зданий связаны с уровнями LoI, LoQ из параметрических критериев описания информационной модели Здания.

4. В объеме атрибутов информационной модели данные семантические атрибуты связаны с "мерностями" (dimensions) 2D, 3D, 5D, 6D.

Система изделия - паспорт изделия - база данных - информационная модель

Элементам информационной модели следует содержать в себе семантическую информацию для подсистемы оценки влияния здания как "системы изделий" на окружающую среду в процессе его жизненного пути и шире - жизненного цикла, как повторяющегося процесса обогащения СОД новыми знаниями. Пример создания данных категорий семантических атрибутов для выделенного элемента "колонна" информационной модели малоэтажного жилого здания в САПР Renga представлен на рис 2:

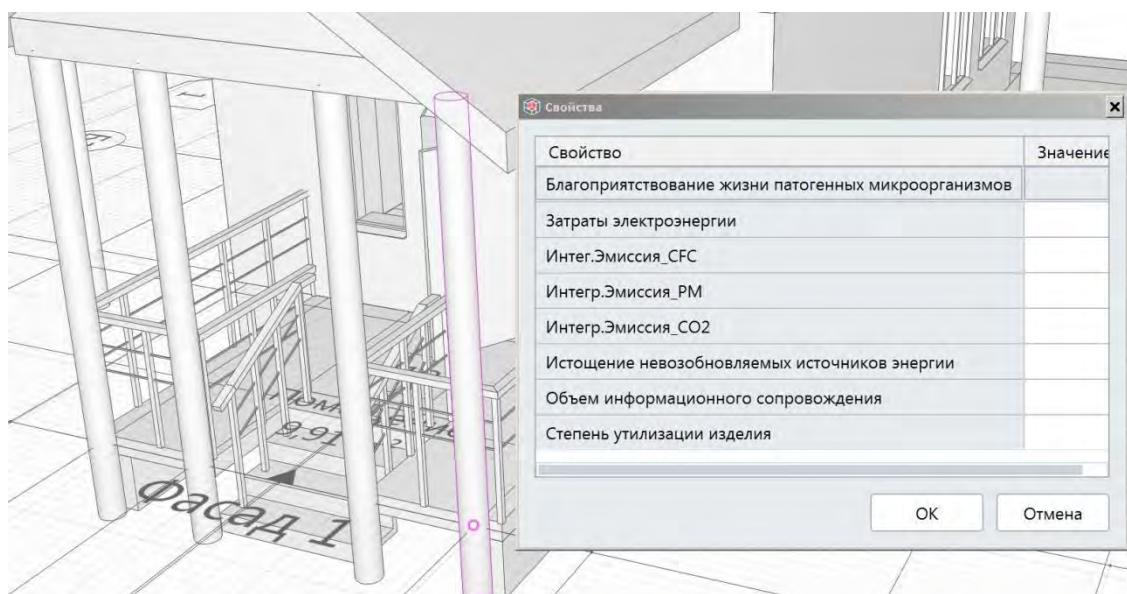


Рис. 2. Семантические атрибуты оценки влияния на окружающую среду строительного элемента в жизненном цикле здания (выполнено в САПР Renga)

ВЫВОДЫ

1. Минимизация категорий семантических атрибутов элементов Зданий по теме оценки их влияния на окружающую среду в жизненном цикле дала 8 категорий атрибутов.

2. Данные категории атрибутов связаны с параметрическими критериями описания информационной модели Здания: LoI (2-6), LoQ (высокое). Это должно указываться в техническом задании на разработку архитектурно-строительного проекта.

3. Данные категории атрибутов связаны с "мерностями" информационной модели Здания: 2D, 3D, 5D, 6D.

4. Данные категории атрибутов должны описываться в разделах документации архитектурно-строительного проекта: 1, 3, 4, 5, 7, 9, 12.

Дальнейшие исследования призваны уточнить выполненную категоризацию и выявить динамику изменения параметров данных семантических атрибутов в жизненном цикле Зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев К.Ю., Методологические аспекты жизненного цикла зданий // Интернет-журнал Вестник евразийской науки. 2019. № Т. 11. № 6. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/119SAVN619.pdf>. Дата обращения: 12.10.20.
2. Лосев К.Ю., Пропорции семантической информации на этапе проектирования в жизненном цикле объекта строительства // Интернет-журнал Наукоедение.2017. Т.9. №6. Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/182TVN617.pdf>. Дата обращения: 29.09.20.

3. Russo J. M., What is Meant by “Level of Accuracy?” // Интернет-журнал LiDAR Magazine. 2014. Vol. 4 No. 3
Режим доступа: <https://lidarmag.com/issue/volume-04-issue-03/>. Дата обращения: 29.09.20.
4. Maiezza P., As-built reliability in architectural HBIM modeling . The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 461–466, 2019 , 8th Intl. Workshop 3D-ARCH “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures”, 6–8 February 2019, Bergamo, Italy, Режим доступа: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-461-2019> Дата обращения: 12.10.20.
5. Soukka R., Väisänen S., Grönman K., Uusitalo V., Kasurinen H., Life Cycle Assessment, Publisher: Springer, 2020, DOI:10.1007/978-3-030-02006-4_623-1
6. Pehnt, M. Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies // Renewable Energy. 2006. Vol. 31, Issue 1, 55–71. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.03.002>. Дата обращения: 29.09.20.
7. Chipindula J., Botlaguduru V.S.V. Du H., Kommalapati R.R., Huque Z., Life Cycle Environmental Impact of Onshore and Offshore Wind Farms in Texas // Sustainability. 2018.
8. Завалеев В., Куприянова М., Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // СОК №9. 2019. С. 82-89 Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/archive-cok?num=9&year=2019> Дата обращения: 29.09.20.

РОБАСТНОСТЬ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Б.П. Титаренко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, boristitarenko@mail.ru

Аннотация

Парадигма развития современного строительства базируется на «информационной интеграции вычислительных ресурсов и физических процессов». Направлена на связывание физического и цифрового мира с формированием единого пространства объектов, данных в числовом формате и услуг в Интернет (т.н. Internetof Everything). Киберфизическая строительная система (КФСС) направлена на интеграцию физических, вычислительных и процессов управления в строительстве. Создание подобной системы в обязательном порядке базируется на т.н. «робастных» технологиях для сохранения заданного запаса устойчивости системой при вариативных параметрах. Предметом рассмотрения статьи являются главные объекты и субъекты, направленные на управление системой, с предложением подходов для обеспечения «робастности». Осуществляется рассмотрение новой понятийной парадигмы «кибернетики строительных систем». Наряду с киберфизическими системами, предполагается активное развитие новых технологий, связанных с информационным моделированием: BIM, инженерных систем «интеллектуального» типа, конструкций в строительной сфере с адаптивной системой интегрированного типа, отражающих автоматическое управление напряженно-деформированным состоянием, «интеллектуальных» строительных материалов адаптивного типа с изменяемыми регенерирующими свойствами и др. Для того, чтобы система была более устойчивой, вариации ее параметров основаны на применении аппарата теории надежности и методах имитационного моделирования. Применение робастных статистических технологий, описанных в работе, происходит во многих блоках КФСС для того, чтобы надежность функционирования значительно повысилась.

ВВЕДЕНИЕ

1. Киберфизическая строительная система (КФСС) [cyber-physicalconstructionssystem (CPCS)] – является конечным множеством функциональных компонентов (элементов, объектов строительного комплекса и вычислительных ресурсов с интеграцией во включенные процессы физического типа) и взаимоотношений, согласно определенной цели в составе временного интервала [1].

2. Робастность системы – выражается в способности эффективного сохранения системой заданного запаса устойчивости, если имеют место вариации параметров, возникающие в результате изменения нагрузки, разброса параметров в технологическом отношении и старения, воздействиями извне, погрешностями вычислений и модели объекта. При использовании понятия чувствительности, робастность можно охарактеризовать, как сниженную чувствительность запаса устойчивости к вариациям объектных параметров [2].

3. Робастность в статистике – выражается в свойстве метода статистики, направленном на характеристику независимого влияния на результат исследования выбросов разного рода и устойчивость к помехам [3].

4. Робастные технологии в статистике – методы, направленные на обеспечение независимого влияния на результат исследования выбросов данного рода, с устойчивостью к помехам [4–6].

5. Гомеостат объектов строительной системы – представляет собой функциональную систему, направленную на адаптацию значений системных параметров к собственному пространству состояний [7].

В составе киберфизической строительной системы следует выделить подсистемы:

1. для сбора информации;
2. для обработки информации;
3. для прогнозирования поведения объекта;
4. для принятия решений.

Использование подсистем 2–4 является инструментарием для использования робастных технологий в статистике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Робастные технологии в статистике

Для того, чтобы обеспечить высокий уровень обработки информации, данные, согласно способу получения, обрабатываются различным образом. В статистике математической науки сформировано два подхода, позволяющих конкретизировать данные, которые были получены. Общее априорное предположение заключается в случайной природе наблюдаемых данных. Содержание исчерпывающей информации об объекте предусмотрено в функции, посвященной распределению вероятностей, связанных с возможным состоянием объекта, подлежащего наблюдению. Алгоритм эффективной обработки данных напрямую связан со знаниями о распределении вероятностей. Известны многочисленные практические случаи промежуточного характера знаний о функции распределения между крайностями параметрического и непараметрического типа. Существуют основания, согласно которым имеет место предположение о том, что реальный закон в точности не известен, но является «близким» к известному параметрическому, находясь в его окрестностях. Это способствует порождению идеи для использования информации, если речь идет о свойствах распределения параметров в ходе обработки данных из близкого распределения, которое можно классифицировать, как непараметрическое. Разрабатываемая идея способствовала порождению ветви статистики в отрасли математики, которая называется робастной статистикой. Разработка статистических процедур, «близких» к оптимальным параметрическим, при условии совпадения реального распределения с известным, способствует сохранению качеств при нахождении истинного распределения в его окрестности. Подобно качественному и количественному подходу, позволяющему определить робастность процедур, предусмотрена опора на требование, которое заключается в том, что произвольно малые изменения, если распределяются наблюдения, приводят к столь же малым изменениям характеристик качества процедур. Для того, чтобы уточнить данное требование, критерии качества процедуры конкретизируются с наложением ограничений на поведение, если в основу берется принятая супермодель с описанием возможных изменений в распределяемых наблюдениях. Робастность определяется различным образом, согласно требованиям, предъявляемым к поведению, если речь идет о принятой супермодели.

Допустим, задание интересующего параметра θ основано на определенном функционале $T(F)$, который, в свою очередь, задается на основе множества \mathfrak{F} , то есть, $\theta = T(F)$, $F \in \mathfrak{F}$. Для параметра θ будем использовать обозначение с использованием множества \mathfrak{N} допустимых функционалов. Далее определим идеальную модель и зададим определенную супермодель $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0) = \{F \in \mathfrak{F} : d_L(F, F_0) < \varepsilon\}$, где для любого значения $F \in \mathfrak{F}$ расчет функционала будет происходить по формуле $T(F) \in \mathfrak{N}$. Последовательность оценок представлена, согласно формуле $\{T_n\}$ вида $T_n = T(F_n)$, $F_n \in \mathfrak{F}_n$.

Следует предположить, что оценки T_n являются состоятельными, то есть, $T(F_n)$ сходятся в отношении вероятности к $T(F)$ при $n \rightarrow \infty$ и нормальны с асимптотической точки зрения, согласно выполняемому условию $L\{\sqrt{n}[T_n - T(F)] / \sigma_F(T_n)\} = N(0, 1)$ при $n \rightarrow \infty$, где $\sigma_F^2(T_n)$ – асимптотической дисперсии $\sqrt{n}T_n$ – оценки. В ходе предположения имеет место

использование, позволяющее определять робастность оценок T_n в рамках супермодели $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)$ характеристики количества в формате асимптотического смещения $T(F) - T(F_0)$ и асимптотической дисперсии $D_F(T_n) = \sigma_F^2(T_n)/n$. Чаще всего следует использовать две характеристики. Максимальный уровень смещения в супермодели составляет $\mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)$, то есть:

$$\sup\{|T(F) - T(F_0)| : F \in \mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)\},$$

и максимальный уровень асимптотической дисперсии $\sqrt{n}T_n$ – оценки, то есть:

$$\sup\{\sigma_F^2(T_n) : F \in \mathfrak{F}_\varepsilon(F_0)\}.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение статистических робастных технологий в блоках КФСС

Идеи и аппарат статистических робастных технологий можно использовать при исследовании КФСС.

1. Аппарат статистических робастных технологий можно использовать в информационном блоке киберфизической системы при обработке информации от сенсорных датчиков.

2. Результаты прогнозирования состояния объектов с помощью робастных статистических процедур можно использовать при принятии решений в блоке системы управления.

3. В блоках инженерные системы и строительные конструкции кроме характеристики интеллектуальность использовать термин робастность как способность системы сохранять заданный запас устойчивости при вариациях ее параметров, вызванных изменением нагрузки, технологическим разбросом параметров и их старением, внешними воздействиями, погрешностями вычислений и погрешностью модели объекта. Можно ввести термин уровень робастности системы по аналогии с VIQ (коэффициент интеллекта здания) [8-9].

В блоках технологии и материалы можно ввести понятие риска использования несоответствующих материалов и непроверенных технологий, определяя его через вероятности рисков событий и возможные последствия от их наступления.

Организационная технологическая надежность

Робастность строительной системы - это по сути низкая чувствительность запаса устойчивости к вариации параметров системы. Ее можно понимать как свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, реставрации, модернизации, ремонтов, хранения и транспортировки. Робастность является сложным свойством, которое в зависимости от значения объектов системы и условий их использования состоит из сочетаний безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохранности. Характеристикой робастности на этапах организации строительства объектов и реализации проекта строительства может быть организационно-технологическая надежность. Организационно-технологическая надежность (ОТН) - способность технологических, организационных, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной вероятностной системе. [10-12]. В основу разработки принципа ОТН заложен вероятностно-статистический подход. Человеко-машинные (организационно-технологические, управленческие) системы, включающие помимо технологических, экономические и социальные аспекты, характеризуются определенным уровнем надежности, который существенно снижается по мере усложнения

системы. Для определения ОТН системы пользуются методами теории надежности, основанной на анализе распределений совокупностей случайных величин - надежностей отдельных элементов комплекса. Повышение ОТН может достигаться различными путями: снижением величины факторов, влияющих на нарушение надежности функционирования строительной организации; проектированием систем, достаточно надежно функционирующих в условиях действия указанных факторов. Реализация первого пути не всегда возможна в связи со сложностью воздействия на причины их возникновения. Наиболее реален второй путь, а также комплексное сочетание обоих подходов. Важная проблема - это прогноз отказов и сравнение вариантов организационных решений для получения максимального экономического эффекта при обеспечении запланированного ввода объектов в эксплуатацию, а также расчет уровня надежности в условиях конкретной строительно-монтажной организации. Решение этих задач связано с использованием теории управляемых случайных процессов. В условиях реализации проектно - производственных систем в строительстве, создания проектно-строительных фирм и стабильной надежности функционирования всего инвестиционного процесса организационно-технологическую надежность можно сформулировать как способность проектно-производственно-строительной системы обеспечивать функционирование всех элементов и участков инвестиционного процесса с отклонениями в заданных пределах.

На этапе эксплуатации строительных объектов робастность можно рассматривать как способность системы сохранять заданный запас устойчивости при вариациях ее параметров. Для этого можно применять аппарат теории надежности, методы имитационного моделирования.

Риск в киберфизической строительной системе

Каждый из блоков киберфизической строительной системы отличается функционированием в природной, экономической и социальной среде, для которой по состоянию и поведению не характерны детерминированные законы, а исключительно наличие стохастического (вероятностного) характера. Любые действия в данной среде характеризуются последствиями исключительно в терминах, отражающих вероятность. Прежде всего, речь идет о риске. Поэтому, производя оценку степени робастности системы, уместно применение инструментов теории риска [3].

1. Рисковое событие (**A**) которое носит случайный характер и связано со средой извне и изнутри объекта, подлежащего рассмотрению.

2. Вероятность (степень ожидаемости) (**P**) события, которое должно произойти.

3. Последствия (ущерб) (**U**), связанные с объектом, после наступления события, которое носит характер риска.

Использование базы теории множеств и меры позволяет построить математическую модель риска, представленную далее.

Пусть **E** представляет пространство, связанное с элементарными случайными событиями:

$\mu(e)$ – мера для определения на **E**: $\mu \in E$.

В данной случае определение вероятности рискованного события **P** происходит, как $P = \mu(A) = \int_A \mu(de)$

Представление ущерба будет происходить, как функция от **A**.

$U = \int_A u(e)\mu(de)$, где $u = u(e)$ является функцией ущерба.

Возможен ввод понятия, отражающего опасность (важность) риска

$O = P * U$.

Итак, построенная математическая модель риска (**R**) позволяет определяться в качестве тройки $R = \{A, P, U\}$ или пары $R = \{A, O\}$ характеристик.

Подверженностью риску обладает каждый из блоков построенной системной модели. Поэтому при рассмотрении робастности в виде характеристики устойчивости, если имеют

место вариации ее параметров, разумнее прибегнуть к использованию методов ОТН, теории надежности и риска.

ВЫВОДЫ

1. В составе данной работы происходило рассмотрение новой парадигмы понятий под названием «кибернетика строительных систем». Предлагается активное развитие новых технологий, отражающих информационное моделирование, вместе с киберфизическими системами. В составе данных технологий используются BIM, инженерные системы «интеллектуального» типа, конструкции в строительной сфере с адаптивной интегрированной системой, основанной на автоматическом управлении состоянием напряженно-деформированного типа, «интеллектуальные» строительные материалы адаптивного типа со свойствами регенерации, которые могут меняться, и др. [1].

2. Для повышения устойчивости системы, если речь идет о вариациях ее параметров, предлагается использование аппарата теории надежности и методов имитационного моделирования.

3. Описываемые в данной работе робастные статистические технологии, следует использовать во многих блоках КФСС, что позволяет существенно увеличить надежность функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.А. Кибернетика строительных систем. Кибернетические строительные системы // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9 с.4-7
2. Поляк Б.Т., Щербаков Я.З. Робастная устойчивость и управление. 2002 Москва, Наука, 303с
3. Huber P, Ronchetti E. Robust statistics, second ed. 2009. J. Wiley, New Jersey
4. Titarenko B. Robust technology in risk management. // International Journal of Project management .1997 15(1).
5. Morgenthaler S., A survey of robust statistics. // Stat. Math. & Appl. 2007 15, p. 271–293
6. Титаренко Б.П. Системный подход в управлении рисками в проектах. // Вестник МГСУ. 2011. 5, 340–350
7. Волков А.А. Гомеостатическое управление зданиями // Жилищное строительство. 2003. № 4. С. 9—10.
8. Волков А.А. Интеллект зданий: формула // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 3. С. 54—57.
9. Волков А.А. Интеллект зданий. Часть 2 // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 213—216.
10. Гусаков А.А., Гинзбург А.В., Веремеенко С.А. и др. Организационно-технологическая надежность строительства. М. : SvR-Аргус. 1994, 472 с.
11. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительства. Системотехника /под ред. А.А. Гусакова. М. : Фонд «Новое тысячелетие» 2002. 768 с.
12. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. 2010. № 4. Т. 1. С. 251–255.
13. Volkov A, Sedov, A, Chelyshkov P, Titarenko B, Malyha G., Krylov E. 2016. The theory of probabilities methods in the scenario simulation of buildings and construction operation. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 7(3), 2416–2420

Секция 10. Гуманитаризация научно-технологического развития строительной отрасли

РОЛЬ ВУЗОВ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ РОССИИ

Е.М. Акимова, Е.Ю. Васильева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Значимость инноваций для российской экономики на современном этапе очевидна. При этом инновационное развитие экономики определяют не только организации, предоставляющие доступ к новым технологиям, но и общество, прогресс которого связан с созданием, передачей и управлением знаниями, а это не что иное, как важнейшая задача высшего профессионального образования. По мнению авторов, следует рассматривать деятельность ВУЗов как один из факторов инновационного развития, поскольку именно в сфере высшего образования зарождаются и активно развиваются такие экономические категории, как знания, информация и инновация. Проводимые исследования доказывают взаимосвязь между деятельностью ВУЗов и эффективностью инновационного развития. Однако, по мнению авторов существует недостаток эмпирических, эконометрических и статистических обоснований данной взаимосвязи на как федеральном, так и на региональном уровне.

Авторами данной статьи рассматривается работа высших образовательных учреждений в рамках инновационного развития страны. Рассмотрены характеристики деятельности вузов (развитие инновационного потенциала университетов, внедрение инновационных процессов на предприятиях, создание малых инновационных предприятий, особенности реализации инновационных проектов для бизнеса, оказание консалтинговой деятельности для малых предприятий, подготовка кадров для трансферта инновационных технологий региона). Определено значение высших учебных заведений в инновационном развитии Российской Федерации, в становлении и развитии региональной инновационной системы. Рассмотрены потенциальные каналы, по которым высшие учебные заведения могут влиять на инновационное развитие региона. Авторами анализируются показатели научно-образовательной деятельностью ВУЗов и развитием инновационной системы. Проведен анализ влияния деятельности ВУЗов на инновационное развитие. Аргументированно, что рост количественных показателей деятельности ВУЗов ведет к активизации инновационной деятельности.

В процессе исследования использовались методы анализа статистических данных, межрегиональных сравнений, а также количественные методы оценки процессов инновационного развития регионов.

Статья может использоваться при разработке и реализации стратегии экономического и инновационного развития регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: инновационное развитие, региональная инновационная система, образование высшее профессиональное образование, ВУЗ, образовательные технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1940-х годов роль ВУЗов трансформируется: помимо собственно образования (социальной роли) ВУЗы становятся драйвером экономического развития региона и страны в целом, особенно в сфере инноваций.

Сегодня успех национальной экономики во многом зависит от скорости коммерциализации инновационных идей, то есть от того с какой скоростью результаты

научной деятельности воплотятся в новых технологиях, и продуктах, востребованных рынком [7, 8]. Соответственно, любая страна мира сталкивается с проблемой переноса научных достижений, сгенерированных университетами, в область практического применения.

При этом опыт России и зарубежных стран различен. В наиболее развитых зарубежных странах инновационная деятельность давно стала неотъемлемой частью их работы. В России же постановка вопроса об инновационной деятельности является для ВУЗов относительно новой [7]. В России до сих пор отсутствует модель эффективного взаимодействия ВУЗов (научных, образовательных структур) и предпринимательских структур в области инновационной деятельности, что делает актуальным тему настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе данного исследования использовались методы анализа статистических данных, межрегиональных сравнений, а также количественные методы оценки процессов инновационного развития регионов. В качестве материалов изучались Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года [1], результаты Стратегии развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года [2], опыт ведущих российских ВУЗов экономической направленности (Рис. 1).

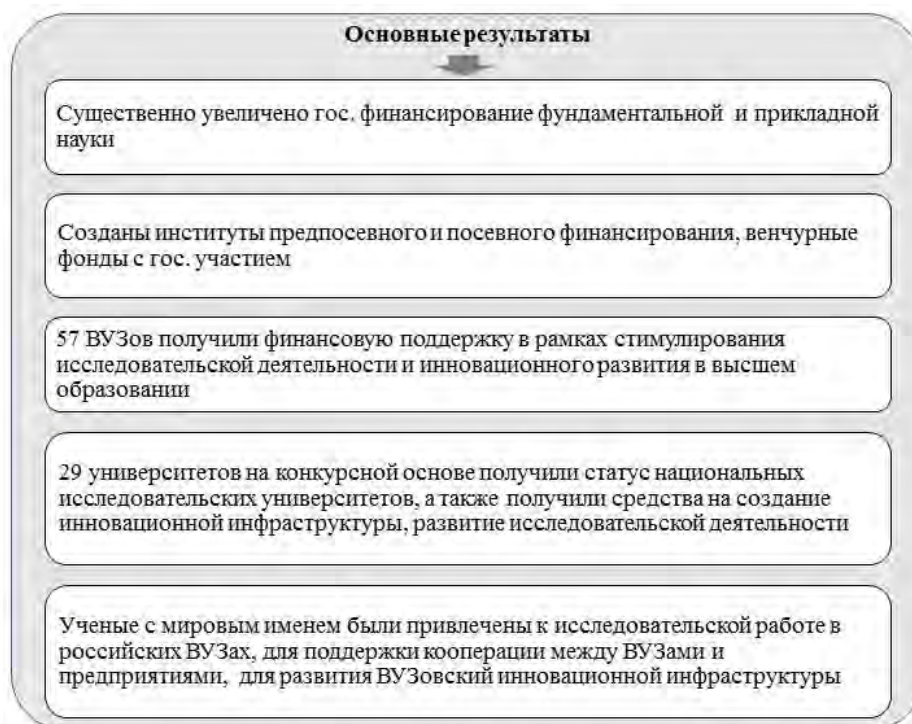


Рис. 1. Результаты Стратегии развития науки и инноваций в РФ на период до 2015 года

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При переходе российской экономики на путь инновационного развития трансформируются традиционные задачи ВУЗов (учебная и научная деятельность), а также появляется новая (так называемая «третья») задача [9].

Трансформация учебной деятельности ВУЗа в аспекте инновации проявляется в том, что имеет место появление новых учебных дисциплин, идет развитие инновационных методов обучения). Научная деятельность теперь предполагает генерацию новых знаний, переход от индивидуальных исследований к групповым, носящим междисциплинарный характер).

Что касается «третьей» задачи, она предполагает коммерциализацию новых научных знаний, идей, достижений, полученных ВУЗом (включая получение патентов, лицензирование, основание малых инновационных компаний).

Особое значение приобретает подготовка кадров, способных генерировать инновационные идеи и воплощать их в реальность. В действительности же пока наблюдается недостаток кадров, для проведения НИОКР, для работы на инновационных предприятиях [3, 6]. Решению той проблемы могут способствовать ВУЗы, ориентируясь на развитие навыков инновационного предпринимательства, и коммерциализацию инноваций, равно как и развитие системы повышения квалификации и переподготовки кадров [8, 12, 13].

Анализ опыта ведущих ВУЗов страны показывает [6, 11], что они переключают свое внимание с собственно подготовки кадров на производство инновационных идей и кадров-носителей этих идей, реализаторов идей.

В макроэкономической среде возникает замкнутый круг от обучения и научных исследований до создания малых инновационных предприятий (Рис. 2).

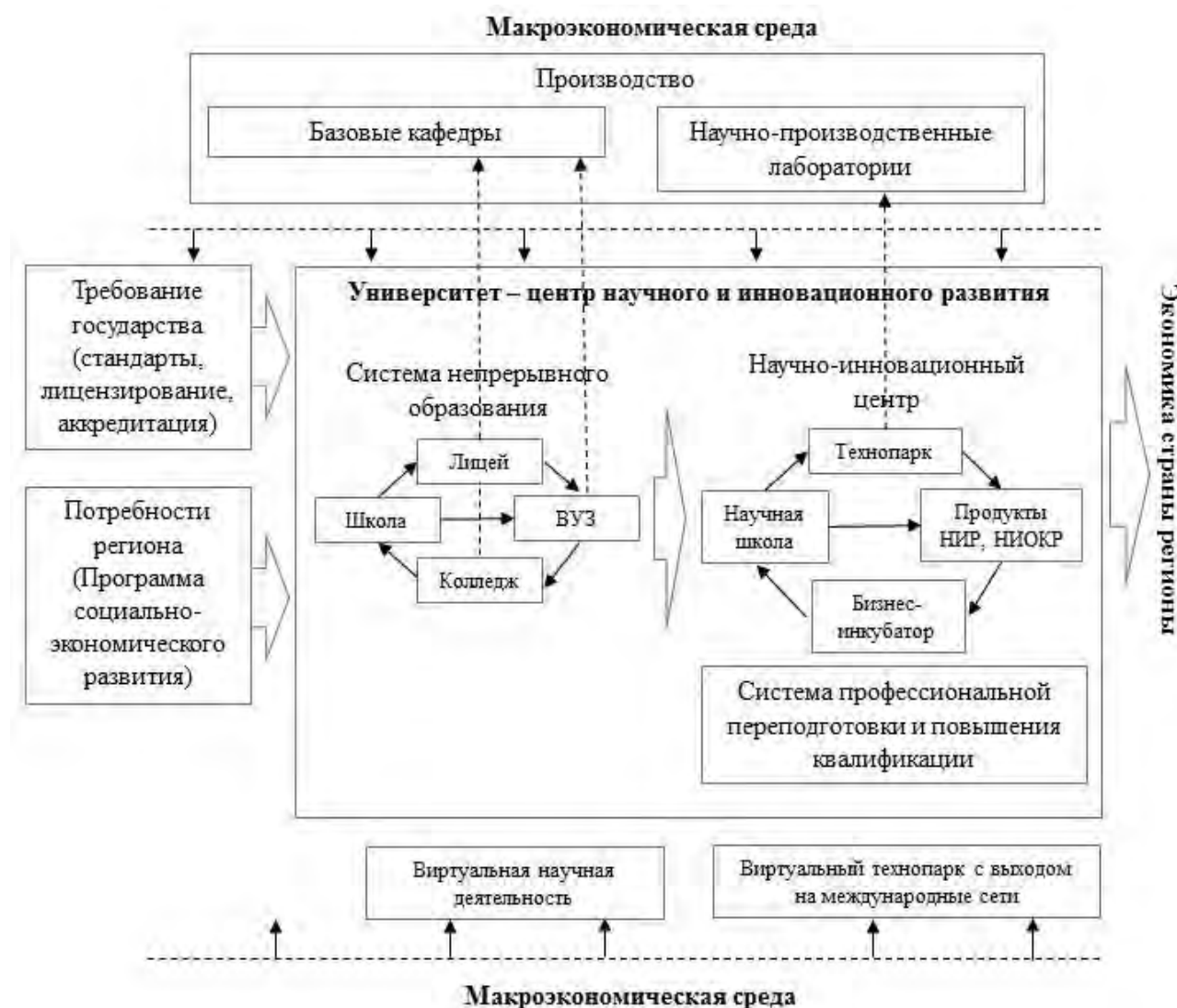


Рис. 2. Университет – центр научного и инновационного развития
(Составлено авторами по [5, 10, 14])

Очевидно, что ВУЗ, не сумевший вписаться в новую экономику как центр производства, не может рассчитывать на успех, привлекательность и конкурентоспособность [4]. Мировые тенденции таковы, что ВУЗы примеряют на себя роль полноценных хозяйствующих субъектов в экономике.

ВЫВОДЫ

Таким образом, происходящие в сфере высшего образования трансформации привели к тому, что помимо традиционных задач ВУЗов (учебная и научная деятельность), появилась и новая (так называемая «третья») задача – инновационная деятельность, а также коммерциализация инноваций.

ВУЗы начинают играть роль полноценных экономических субъектов, несущих в экономику инновационные идеи и формирующих профессиональные кадры для их реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года: No2 227 от 08 декабря 2011 г. утв. распоряжением Правительства РФ.
2. Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года. Протокол No 1 от 15 февраля 2006 г.: утв. Межведомственной комиссией по научно-инновационной политике.
3. Акимова Е.М., Кисель Т.Н. Обеспечение развития человеческого капитала в вузах в условиях цифровой экономики // В сборнике: Цифровая экономика: технологии, управление, человеческий капитал. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Сборник докладов в области экономики и менеджмента, а также производственных технологий, информационных технологий и технологического менеджмента. 2019. С. 160-167.
4. Васильева Е.Ю., Комплексный подход к оценке привлекательности инновационного проекта // Экономика и предпринимательство, 2019, № 11, С. 698-703
5. Величенкова Д.С., Схведиани А.Е. Разработка структуры региональной инновационной системы с учетом значимости университетских комплексов // Российский экономический интернет-журнал. 2019. № 4. С. 32.
6. Грязнова А.Г. О кадрах высшей квалификации //Прямые инвестиции. 2012. № 3 (119). С. 28-30.
7. Инновационное развитие России: проблемы и решения. Монография // под ред. М.А. Эскиндарова, С.Н. Сильвестрова, С.Н. Казанцева, Н.А. Гостевой. М.: Издательство Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. 2014, 1376 с.
8. Кудрявцева Т.Ю., Коваленко Я.В. Проблемы процесса коммерциализации инноваций в России // В сборнике: Финансовые решения XXI века: теория и практика. СПб.: 2016. С. 223-232.
9. Мархл, М. Методология оценки третьей миссии университетов / М. Мархл, А. Паусист // Непрерывное образование: XXI век. – 2013. – Вып. 1. – DOI: 10.15393/j5.art.2013.1949
10. Терещенко Д.С., Щербаков В.С. Место и роль ВУЗов в инновационном развитии регионов России // Региональная экономика: теория и практика № 12 (435), г. 2016, с. 165-177
11. Эскиндаров М.А., Смитиенко Б.М., Гетьман В.Г. и др. Преподаватель - основная фигура в реализации инновационной системы образования. Монография. М.: Издательство Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. 2011, 279 с.
12. Эскиндаров М.А., Общие проблемы модернизации высшего образования // В сборнике: Российский и зарубежный опыт модернизации системы высшего образования. сборник научных статей. "Финансовая академия при Правительстве Российской Федерации", под ред. Я. А. Пляйса, Д. А. Силичева. М.: 2008. С. 7-17.
13. Эскиндаров М. Система образования находится в постоянном развитии // Самоуправление. 2019. Т. 1. № 2 (115). С. 74.
14. Эскиндаров М.А. Создание инновационной инфраструктуры при университетах социально-экономической специализации: основные барьеры и возможные решения // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. 2012. № 11. С. 14-23.

СМЕШАННАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА: КОНЦЕПЦИИ И ОЦЕНКА МОДЕЛИ

А.Г. Соколова¹, В.Л. Листов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹as.falconi@yandex.ru

²listkorova@yandex.ru

Аннотация

В данном исследовании авторами был изучен прямой и косвенный межкультурный контакт, а также мотивированное поведение и отношение студентов к изучению иностранного языка в контексте обучения за рубежом на территории Российской Федерации. В целях исследования авторами была использована смешанная методика, сочетающая качественный и количественные методы, которая позволила продемонстрировать изменение степени контакта, поведенческие и мотивационные переменные на протяжении одного учебного года подготовительной программы. Детальный анализ результатов показал, что письменные контакты и контакты посредством СМИ и соцсетей стали более частыми на протяжении года, в то время как число прямых речевых контактов сократилось. Авторы предложили рекомендации, способствующие расширению возможностей для контактов и уменьшению беспокойства внутри группы иностранных студентов.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение русского в качестве второго языка включает в себя освоение не только самого языка, но и его культурных аспектов. Процесс освоения иностранного языка может служить порталом в историю данного народа, его культуру и литературу, а также раскрывать опыт народа, накапливаемый в течение веков. Это особенно характерно для условий обучения за границей, когда учащиеся включены в непосредственное взаимодействие с представителями других культур, такое межкультурное столкновение имеет значительное влияние на идентификацию студентов с определенной культурной и этнической группой. Это приводит к формированию собственного культурного осознания студента в сравнении с его родной культурной группой. Межкультурное общение склоняет изучающих русский, как второй язык, к получению новых языковых навыков и стимулирует их поведение.

Целью этого межкультурного опыта для иностранных студентов, обучающихся за границей, является общение и взаимодействие с членами принимающей страны и, таким образом, получение более глубокого понимания их культуры. Академическая мобильность и другие программы обмена студентов организуются и спонсируются, исходя из предположения, что студенты будут включены в контактные ситуации, что повысит их межкультурную восприимчивость и понимание культуры страны изучаемого языка. В то же время улучшится компетентность в владении вторым языком (Ristic, Zhang & Liu, 2019).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретическая основа

Смешанный метод исследования (СМ) (Riazi & Candlin, 2014), включая в себя количественный и качественный методы, сейчас достигает своей популярности и расширяет своё применение в широком ряде научных дисциплин. Этот метод также может быть применен к преподаванию и изучению иностранного языка и к лингвистике (Cardenas-Lopez, 2015). СМ налагает новые требования на потенциальных исследователей, как инновационная и развивающая методология. В данной статье авторы постарались показать возможности СМ, которые имеют особый интерес не только для исследователей, но и для аспирантов и докторантов.

Настоящее исследование частично основано на социально-психологическом изучении межкультурного контакта с ключевым объектом рассмотрения взаимосвязи контакта-отношения в рамках социальной психологии. Данный раздел называется Гипотеза контакта (McKeown & Dixon, 2017), который, в сущности, говорит о том, что контакт может изменять поведение и отношение индивидов и групп по отношению друг к другу, и наоборот, изменение отношения в будущем влияет на контакты между группами и индивидами. Какие же условия необходимы для оптимального межгруппового контакта? В предыдущих исследованиях (Pettigrew & Tropp, 2008, Paluk, Green & Green, 2018, Zhou, Page-Gould, Aron, Moyer & Hewstone, 2019) говорится, что равный статус членов группы, совместная деятельность, мотивация и готовность к сотрудничеству, общие цели и организационная поддержка необходимы для достижения желаемого результата. Петтигрю и Тропп (2006) после глобального психологического наблюдения вычислили, что близкие отношения приводят к увеличению доброжелательности внутри группы из-за уменьшения беспокойства и неопределенности (Pettigrew & Tropp, 2008). Также было отмечено, что между отношениями и контактами главной связующей переменной является внутригрупповое беспокойство и что прямые и косвенные контакты с представителями других культурных групп влияют на отношения к внешним группам (Macintyre & Gardner, 1991).

Теперь обратимся к результатам исследований, которые были уже конкретно направлены на изучение условий обучения за границей (Macintyre, Clement, Dörniei & Noeis, 1998). Они показали, что в начале своего пребывания большинство студентов настроены довольно оптимистично и имеют в основном положительные ожидания в отношении жителей принимающей страны. Однако, на протяжении всего наблюдаемого периода их отношение склоняется скорее в негативную сторону (Cajkler & Addelman, 2000). В целом опыт обучения за границей, доступного благодаря развитию академической мобильности и программ двойного диплома, может вызывать тревогу у многих студентов из-за первоначального культурного шока. Студенты могут столкнуться с различиями в ценностях, культурных и моральных нормах, в отношениях и поведении в новой учебной среде по сравнению с их родной культурой. Опыт обучения за границей может быть сам по себе недостаточным для повышения межкультурной восприимчивости и взаимопонимания, тем не менее, частые контакты с группами принимающей страны могут быть жизненно необходимы для формирования положительного отношения, а так же для социализации и аккультурации (Chapelle & Sauro, 2017). Более того, чрезвычайно важно исследовать перспективы межкультурных контактов студентов с помощью качественных методов, таких как дневники и интервью, являющиеся частью СМ.

Общепризнано, что частые контакты с носителями второго языка приводят к уверенному использованию языка и влияют на самоидентификацию обучающегося. Даже в ситуациях, когда прямой контакт минимален, учащиеся предстают перед продуктами культуры на целевом языке, такими как видео, книги, журналы, подкасты, фильмы и т. д. Эти культурные продукты играют существенную роль в ознакомлении учащихся с другим обществом и формировании их отношения. Таким образом, косвенный контакт можно рассматривать как одну из основных переменных, повышающих мотивацию к обучению.

Говоря о контексте обучения за рубежом, мы изучили опыт студентов, в основном вьетнамского и африканского происхождения, участвующих в подготовительной программе обучения за рубежом в России, используя аудио- и видеointервью и дневниковый метод. Результаты показали, что большому количеству участников приходилось справляться с угрозами их самооценке и самому овладению вторым языком, что негативно сказывалось на взаимодействии с участниками из групп целевого языка. Но студенты, которым удалось установить прочные межкультурные связи, смогли поддерживать взаимодействие на целевом языке и свой социальный статус. Учитывая мотивированное отношение и взаимодействие в подготовительных программах для студентов вьетнамского и африканского происхождения. Было сделано предположение, что позитивное отношение и

внутренняя мотивация оказали большое положительное влияние на взаимодействие с носителями языка. Проведенный качественный анализ показал сложную зависимость между личностными особенностями иностранных студентов и степенью их вовлеченности в жизнь принимающей стороны в России. Результаты доказывают, что благодаря глобализации и инновационным средствам электронного общения погружение в языковую среду становится вопросом личного выбора, а преподавание языка студентам, обучающихся за границей, в настоящее время требует более серьезных и ответственных подходов.

В нашем исследовании мы попытались проанализировать и оценить, как опыт контакта учащихся, цели и отношение к изучению языка изменялись в трех дискретных временных точках: в начале, середине и конце учебного года. В течение этого времени иностранные студенты, обучающиеся по различным инженерным программам, изучают русский язык в качестве иностранного, предполагая достичь достаточного уровня русского к концу учебного года, чтобы продолжить обучение на целевом языке.

При изучении мы разделили типы контактов на две категории: прямой контакт с носителями целевого языка и косвенный контакт с использованием различных медиа-продуктов. Соответственно, для прямого контакта мы включали как письменное, так и устное общение и опрашивали членов принимающей страны, также как иностранных студентов об использовании языка. Наконец, мы попытались оценить осознание учащимися пользы от опыта общения и важности контакта. В ходе качественных интервью, проведенных ретроспективно в конце учебного года, мы спросили студентов о положительном и отрицательном опыте взаимодействия, который у них был, и о том, какие факторы они и их кураторы выделили, как наиболее важные для эффективного общения с носителями и не носителями русского языка.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В нашем исследовании мы поставили для себя задачу попытаться ответить на следующие вопросы:

1. Как опыт встреч меняется в трех дискретных точках времени в течение одного учебного года в контексте российского международного обучения?
2. Какие факторы влияют на мотивацию изучения языка иностранных студентов, участвующих в подготовительной программе международного обучения в России? Влияют ли частота контактов и тип опыта, полученный от этих контактов, на восприятие студентов?

МЕТОДОЛОГИЯ

1. Участники

Настоящее исследование было проведено с участием иностранных студентов, обучающихся по подготовительной программе на кампусе университета в РФ. Цель программы заключается в подготовке студентов к поступлению на инженерные программы в российский университет. В университете студенты изучали русский язык по 30 часов в неделю в течение девяти месяцев или одного учебного года. Языковая составляющая предусматривает обучение академическим навыкам и направлена на развитие у учащихся способности понимать и воспроизводить письменные и устные учебные тексты. К концу года студенты сдают экзамен по русскому языку и по соответствующей дисциплине (в основном технической), необходимой для дальнейшего обучения, причем студенты должны достичь уровня B1 владения русским языком по европейской классификации. В отношении учебного плана данная программа является типичным примером подготовительных курсов для поступления в университеты в Российской Федерации.

Всего в университете обучается более 1000 иностранных студентов из 87 стран мира. Они представляют разные культуры, традиции, обычаи и язык.

В опросе приняли участие 60 иностранных студентов из самых разных этнических групп, большинство из которых были вьетнамцами (65%). Семь процентов студентов были франкоговорящими тунисками и марокканцами, а остальные представляли такие страны, как Нигерия, Индия, Пакистан, Конго, Уганда и Китай. Уровень владения студентами языком в начале курса был элементарный. Сорок два процента участвовавших студентов были мужчинами и пятьдесят восемь процентов женщинами, их возраст варьировался от 23 до 29 лет. Участники интервью были выбраны из группы добровольцев, так чтобы они могли представлять разные национальности и этническое происхождение.

Интервью проводились через год после начала сбора и систематизации количественных данных, что означает, что респонденты не заполняли анкеты на предыдущих этапах исследования. Мы заранее не определяли количество участников интервью и продолжали собирать данные до тех пор, пока не было собрано достаточное количество. Таким образом, мы опросили 10 студентов и двух лекторов, которые являются носителями русского языка. К моменту собеседования учителя работали по этой программе более 5 лет.

2. Инструменты и процедуры

Анкета содержала 50 вопросов и была направлена на оценку четырех аспектов контакта, таких как прямой устный и письменный контакты, медиа контакт и степень осознания важности контакта. Также анкета косвенно оценивает мотивированное поведение, отношение к изучению языка, а также цели изучения языка. Вопросы анкеты были основаны на исследовании Csizér and Kormos (2009), в котором изучается роль межкультурного общения в мотивации. Данные вопросы незначительно адаптированы к контексту программ обучения за рубежом. Соответственно, вопросы о параметрах мотивации были адаптированы по методу Кормоса, Киддла и Чизера (2011). Анкета была написана на русском языке.

Основными категориями переменных были следующие:

1. прямой устный контакт - 5 пунктов (частота общения с носителями русского языка и не носителями языка);
2. прямой письменный контакт - 5 пунктов (частота обычных писем, электронных писем, использования мессенджера, социальных сетей и чатов в Интернете);
3. медиа контакт на Целевом языке - 5 пунктов (частота просмотра телепрограмм, чтения газет, журналов, использования русскоязычных сайтов и др.);
4. степень осознания важности контакта, как ключевого инструмента для обогащения их языка, знакомства культурой и снижения уровня тревожности - 5 пунктов;
5. инструментальная ориентация - 8 пунктов (осознание преимуществ, связанных с владением языком, например, высокий спрос на рынке труда);
6. международная ориентация - 7 пунктов (отношение студентов к русскому языку);
7. отношение к изучению целевого языка - 8 пунктов;
8. мотивированное учебное поведение, отражающее усилия и настойчивость учащихся - 7 пунктов.

Целью интервью, охватывающего восемь основных категорий переменных, было понимание произошедших изменений и их возможных причин. Чтобы дополнить результаты, мы попросили лекторов и кураторов дать подробное описание программы обучения и общие характеристики профиля студентов.

Процедуры

Сбор данных происходил в трех точках времени в течение учебного года, примерно с равными интервалами. То есть в первый раз сразу после начала учебы, затем в середине года перед зимними каникулами и третий раз в конце учебного года перед экзаменационным периодом.

На заполнение анкеты у студентов уходило в среднем 15-20 минут. Участие в исследовании было на добровольной основе. И преподаватели, и студенты были опрошены

индивидуально в тихой комнате, продолжительность интервью для студентов составляла 30-45 минут, а интервью с преподавателем длилось 45-60 минут.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первая часть нашего исследования была посвящена общим характеристикам мотивации к изучению языка и опыту общения студентов, участвующих в подготовительной программе обучения за рубежом. Проведенный опрос позволил нам выявить, что две переменные, такие как международная и инструментальная ориентация, показали самые высокие средние значения, после них сразу идут отношение к изучению языка и мотивированное учебное поведение, средние значения которых были около 4-х по 5-балльной шкале (см. Таблицу 1).

Таблица 1. Описательная статистика общих характеристик

№	Категория переменной	Точка 1 (в начале 1го семестра)	Точка 2 (в конце 1го семестра)	Точка 3 (в конце 2го семестра)
1.	Прямой устный контакт	2.55	2.78	2.53
2.	Прямой письменный контакт	2.84	2.95	2.83
3.	Медиа контакт	3.12	3.45	3.32
4.	Восприятие важности контакта	3.44	3.23	2.98
5.	Инструментальная ориентация	4.87	4.32	3.98
6.	Международная ориентация	4.92	4.54	4.32
7.	Отношение к изучению языка	4.15	3.98	3.67
8.	Мотивированное учебное поведение	4.22	4.11	3.77

Проведенный анализ описательной статистики показал, что студенты данной подготовительной программы продемонстрировали наличие целей в изучении языка, так же они придали большое значение международному статусу языка. Все прозвучавшие цели носят инструментальный характер, поскольку студенты в основном ожидают, что возможность обучения за границей поможет им найти лучшую работу в своей стране.

В то же время количественные данные показали, что студенты имеют не только сильную мотивацию к изучению языка, но и хорошую уверенность в себе, то есть твердо верят в способность достичь высокого уровня владения языком для своего профессионального обучения в сфере инженерии. Эти результаты подтверждаются данными интервью. Согласно анализу результатов, пять из десяти участников продемонстрировали уверенность в достижении желаемого уровня владения языком. Несмотря на в основном положительное отношение к обучению, средние значения мотивированного поведения были несколько ниже. Результаты показали, что большая часть усилий, которые студенты вкладывают в изучение языка, связаны с получением хороших оценок на экзамене и в течение года. Подводя итог, можно сказать, что все студенты, принявшие участие в опросе, продемонстрировали твердые цели в изучении языка, которые являются инструментальными. Однако преобладание инструментальных целей не привело к увеличению усилий в изучении языка. Один из кураторов описал это следующим образом: «Большинство учеников по-прежнему придерживаются школьного отношения к учебе, и многие из них никогда даже не пытались учиться самостоятельно».

Какие возможные объяснения можно дать таким выводам? Во-первых, учащиеся с разным этническим происхождением могут иметь потенциально различные культурные представления об ответственности за обучение. Во-вторых, живя в эпоху технологий, большинство участников интервью предоставили подробные отчеты о том, как новые

способы развлечения и общения позволяют им оставаться на связи со своей родной страной, тем самым сокращая усилия, направленные на изучение целевого языка.

Характеристики контактного опыта студентов, участвующих в подготовительной международной программе

Экспериментальные данные, полученные с помощью анкетирования, показали, что большинство участников считают важным контакт с членами принимающей страны и другими носителями русского языка, так как через социальное взаимодействие они получили новые знания о языке. В то же время средние значения переменных прямого и косвенного контактов и медиа контакта были зафиксированы лишь немного выше средней точки шкалы из-за отсутствия достаточной частоты контакта. Как количественные, так и качественные данные доказали, что контакты с носителями русского языка были довольно редкими для большинства студентов, частично из-за большого количества вьетнамских и франкоязычных членов международного студенческого сообщества. Исключение составили участники из Индии, которым удалось создать социальную сеть, включающую в себя носителей целевого языка. Среди причин, по которым студенты не начали контактировать с носителями языка - членами принимающей страны, были упомянуты отсутствия следующих условий: общие цели, сотрудничество, организационная поддержка, равный статус, достаточно высокие коммуникативные способности (Waterworth & Hoshi, 2016). Нередко иностранные студенты чувствовали себя обделенными в разговоре с носителями языка, потерянными и оставленными без внимания. Организационная поддержка оказывалась посредством внеклассных мероприятий, однако, усилий было недостаточно для стимулирования частых встреч между иностранными студентами и членами принимающей страны и достижения необходимых условий для успешных контактов. Пятеро из десяти респондентов отметили, что они не обладали достаточным уровнем владения русским языком для общения с членами принимающей страны, в частности, со своими соседями по комнате в студенческом общежитии. Эти факторы привели к высокому уровню беспокойства и тревоги, сопровождающих процесс общения. Учащиеся испытали страх сделать ошибку, быть неправильно понятыми или непонятыми вообще. Для многих студентов, особенно китайцев, неудачное общение значительно усилило боязливость.

Четыре участника сообщили нам, что они были высмеяны из-за речевых ошибок и испытали серьезный кризис в общении. Поведение собеседников явно или неявно выражало негативное отношение и вызывало у учащихся чувство, что их попытки установить контакт потерпели неудачу. В результате они чувствовали себя проигнорированными и разочарованными. Тем не менее, большинство студентов согласились с тем, что при разговоре с другими иностранными сокурсниками они чувствовали себя более уверенно и не сталкивались с подобными негативными инцидентами, как с носителями языка.

Таким образом, не следует умалять важность связи студентов со своей языковой группой. В то же время, когда у учащихся в окружении нет носителей родного языка, чтобы положиться на эмоциональную поддержку, например, болгарские студенты, они начинают искать контакты с представителями других культур, похожих на их собственные.

Количественный анализ данных также показал различия в опыте прямого контакта между представителями разных языковых групп. Результаты доказали, что согласно гипотезе аккультурации Шумана (1986), когда сообщество, говорящее на целевом языке, велико, а группа сплочена, то ее участники будут менее склонны общаться на целевом языке с учащимися и учителями принимающей страны.

Косвенный контакт через множество доступных СМИ, таких как телевидение, интернет, радио, журналы, книги, подкасты, как правило, не часто похож на прямой контакт. Некоторые студенты смотрели популярные телешоу на русском языке, но скорее в развлекательных целях, чем в образовательных (Çelik & Casimolu, 2018). Совсем немного сообщалось о чтении на русском; единственными исключениями были принудительное чтение в академических целях и некоторые тексты в Интернете. Социальные сети на русском

языке также использовались редко; аналогично обстояла ситуация с написанием электронных писем на русском. В целом, качественные и количественные данные, относящиеся к прямому устному контакту, подчеркивают влияние внутригруппового беспокойства и на готовность студентов участвовать в межкультурном общении (Awwad, 2019). Результаты этого исследования демонстрируют, что иностранные студенты в основном общаются в рамках своей этнической группы из-за высокой коммуникативной тревожности и кажущихся угроз их самооценке. Однако эти результаты не исключают дружеских отношений между студентами из разных этнических групп, что способствует социальному и культурному смешению студентов с принимающим обществом.

Мотивационные и контактные переменные в течение одного учебного года

За учебный год мы наблюдали заметное снижение значений всех переменных, за исключением прямого письменного контакта. Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что средние значения контактных и мотивационных переменных претерпевают резкое снижение между временными точками 2 и 3, за исключением прямого устного контакта между точками 1 и 3. Влияние времени на контактные и мотивационные переменные было достаточно весомым, опять же, за исключением прямого устного контакта, средние значения которого изменялись весьма незначительно на протяжении всего исследования.

В целом, учитывая изменения в данных анкетирования (Таблица 1), мы можем сделать вывод, что в первом семестре между точками 1 и 2 существенных изменений не произошло, за исключением прямого устного и письменного контакта в то время, как отношение и мотивация остались достаточно стабильными. Однако после трех месяцев обучения разговорный опыт общения студентов не претерпел значительных улучшений из-за высокого уровня коммуникативной тревожности и появления негативного опыта взаимодействия с носителями языка. В результате студенты старались избегать прямых встреч с членами принимающей страны и даже сильнее привязывались к родной языковой группе, чтобы сохранить свою самооценку. Некоторые китайские студенты, например, даже перешли в стратегию избегания при общении с носителями языка. Можно сделать вывод, что случаи, когда иностранные студенты чувствовали себя ценными членами принимающего сообщества, были довольно редкими.

Данные, собранные с помощью интервью, показали важную роль мероприятий, способствующих улучшению общения между студентами. Большинство наших участников описали запоминающиеся события, такие как студенческие конференции, различные кружки, встречи интерклуба, межкультурные концерты, которые изменили их отношение к общению с носителями языка и желание развивать дальнейшее общение. Также очевидно, что можно было бы избежать негативного воздействия на иностранных студентов на протяжении большей части мероприятий, если бы их собеседники продемонстрировали большее понимание межкультурных трудностей, возникающих из-за столкновения культур, и попытались бы поддержать и воодушевить студентов вместо того, чтобы уклоняться от разговора (Автономова, Кутыркина, Федюнин, Беспалов&Лочан, 2019).

Тем не менее, прямой письменный контакт и медиа контакт, оказались более частыми между точками 1 и 2. Это можно объяснить учебными задачами, которые студенты получали от своих кураторов на протяжении девяти месяцев курса. Во время второго семестра студентов попросили вести дневник, в котором они записывали свои мысли о просматриваемых медиа-источниках и статьях из журналов, в том числе и научных. Таким образом, в контексте обучения за границей учебные задания и организационная поддержка играют ключевую роль в привлечении студентов к СМИ и письменному контакту на целевом языке.

Как видно из полученных результатов, к концу года частота контактов значительно снизилась. Согласно учебному плану, в конце подготовительной программы студенты сдают экзамены по русскому языку и по некоторым профильным дисциплинам. Как было отмечено

респондентами, последний период второго семестра направлен на подготовку к этим экзаменам, поэтому у учащихся оставалось меньше времени для личного контакта друг с другом и с носителями языка.

Что касается мотивационных переменных, их средние значения также снизились в конце года. Это можно объяснить тем, что студенты считали, что формально период изучения языка закончился, а значит язык перестал быть объектом изучения. Вместо этого с того момента язык стал инструментом для получения знаний в их дальнейшем профессиональном образовании. Это связано не только с тем, что подготовительная программа подходит к концу, но и то, что в этот период респонденты сосредоточены на подготовке к экзаменам.

ВЫВОДЫ

В настоящем исследовании авторы попытались изучить прямые и косвенные межкультурные контакты, а также мотивированное поведение и отношение к языку в контексте обучения за рубежом в Российской Федерации. В нашем исследовании мы применили смешанный метод, сочетающий количественные и качественные методологии исследования, чтобы продемонстрировать контактные, поведенческие и мотивационные переменные в течение одного учебного года подготовительной программы. Полученные результаты показали, что письменные и медиа контакты в течение года участились, тогда как прямые устные контакты показали обратную тенденцию.

Основывая наши выводы на количественных и качественных данных, мы предложили три основные группы факторов, определяющих тип и количество межкультурного опыта студентов. Прежде всего, следует упомянуть такие социальные факторы, как размер языковой группы иностранных студентов в принимающей стране и конфликт, произрастающий из отношения, ожиданий и культурных убеждений учащихся и принимающей страны. В этом аспекте организационная поддержка играет значительную роль в установлении прямого и косвенного контакта с целевым языком, в том числе посредством организации ярких и запоминающихся мероприятий.

Вторая группа факторов, которую следует отметить, включает в себя внутренние переменные, например, личное отношение к изучению языка, уверенность в себе, внутренняя мотивация, чувство собственного достоинства, боязнь общения и др. Все эти составляющие предопределяют готовность к общению, частоту и качество контактов.

Наконец, третья группа факторов связана с важностью событий, значимых для успешного взаимодействия с носителями языка в контексте обучения за рубежом.

Опытная история участников дополняет и динамически взаимодействует с социальным и институциональным контекстом и личностными чертами учащихся (Williams-McBean, 2019).

Подводя итог, можно сделать несколько выводов на основании проведенного исследования. Прежде всего, в исследовании подчеркивается важность подготовки студентов к программе обучения за рубежом до их прибытия в принимающую страну, то есть развитие их коммуникативных навыков, стратегий и языковых способностей (Aveni, 2007). По прибытии студентов необходимым предварительным условием является предоставление организационной поддержки, помогающей им адаптироваться к новой культурной и социальной среде и установить контакт с носителями языка. Как показывает анализ результатов, уверенность в себе иностранных студентов может сильно пострадать из-за негативного опыта общения, которого можно было бы избежать частично или полностью, если бы представители принимающей страны были лучше подготовлены к социальному взаимодействию и общению. Таким образом, организационная поддержка призвана помочь членам принимающей страны понять отношения, ожидания, чувства и возможные формы поведения иностранных студентов. Все эти меры помогут стимулировать контакты и снизить межгрупповую тревогу среди иностранных студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avtonomova S., Kutyrkina L., Fedyunin D., Bezpалov V., & Lochan, S. (2019). GR in the university brand-communications system. *Amazonia Investiga*, 8(19), pp. 173-178. <https://www.amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/217>
2. Awwad A. (2019). L2 learners' and professionals' perceptions of cognitive task complexity: Towards developing an index of task difficulty. *Journal of Asia TEFL*, 16(2), pp. 468-484, <https://doi.org/10.18823/asiatefl.2019.16.2.2.468>
3. Cajkler, W. & Addelman R. (2000). *The Practice of Foreign Language Teaching* (2nd ed). London and NY: Routledge.
4. Cardenas-Lopez, E. (2015). *Teaching English Learners in Middle Grades: A Mixed Method Study of the Dispositions, Priorities, and Instructional Practices of Urban Bilingual, ESL, and Content Teachers*, Dissertations, 112, <https://digitalcommons.nl.edu/diss/112>
5. Çelik M.U. & Casimoğlu S. (2018) Comparison of new media concept with traditional media. Perception of communication students. *Amazonia Investiga*, 7(16), pp.254-260, <https://www.amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/401>
6. Chappelle C. & Sauro S. (2017). *Handbook of technology and second language teaching and learning*. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell.
7. Macintyre P., Gardner R. (1991). Methods and Results in the Study of Anxiety and Language Learning: A Review of the Literature. *Language Learning*, 41(1), pp. 85-117, <https://doi.org/10.1111/j.1467-1770.1991.tb00677.x>
8. Macintyre P., Clement, R., Dörniei Z. & Noeis, K.A. (1998). Conceptualizing Willingness to Communicate in a L2: A Situational Model of L2 Confidence and Affiliation. *Modern Language Journal*, 82(4), pp. 545-562, <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.1998.tb05543.x>
9. McKeown S. & Dixon, J. (2017). The "contact hypothesis": Critical reflections and future directions: Critical reflections and future directions. *Social and Personality Psychology Compass*, 11(1): e12295, <https://doi.org/10.1111/spc3.12295>
10. Paluk E.L., Green, S.A. & Green, D.P. (2018). *The contact hypothesis re-evaluated*. Cambridge University Press, 30, doi:10.1017/bpp.2018.25
11. Pellegrino, Aveni V. (2007). Study abroad and second language use: Constructing the self. *Language in Society*, 36(1), pp. 140-141, <https://doi.org/10.1017/S0047404507250067>
12. Pettigrew T.F. & Tropp, L.R. (2006). A Meta-Analytic Test of Intergroup Contact Theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90(5), pp. 751-83, <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.5.751>
13. Pettigrew T.F. & Tropp L.R. (2008). Allport's Intergroup Contact Hypothesis: Its History and Influence. On the Nature of Prejudice: Fifty Years after Allport, 262 – 277, <https://doi.org/10.1002/9780470773963.ch16>
14. Pettigrew T.F. & Trop L.R. (2008). How Does Intergroup Contact Reduce Prejudice? Meta-Analytic Tests of Three Mediators. *European Journal of Social Psychology*, 38(6), pp. 922-934, <https://doi.org/10.1002/ejsp.504>
15. Ramage K. (2006). Motivational Factors and Persistence in Foreign Language Study. *Language Learning*, 40(2), pp. 189-219.
16. Reynold B.L. (2019). A mixed method study of "English Corners' funded by the Taiwan Ministry of Education "Program for Promoting Teaching Excellence of Universitites", 10(4), pp. 561-590, <https://doi.org/10.1515/applirev-2017-0046>
17. Riaz, i M. & Candlin C. (2014). Mixed-methods in language teaching and learning. *Language Teaching*, 47(2), pp. 135-173, <https://doi.org/10.1017/S0261444813000505>
18. Ristic I., Zhang Ya. B. & Liu N. (2019). International Students' Acculturation and Attitudes towards Americans as a Function of Communication and Relational Solidarity with Their Most Frequent American Contact. *Journal of Intercultural Communication Research*, 48(6), pp. 589-607, <https://doi.org/10.1080/17475759.2019.1695651>
19. Waterworth J. & Hoshi K. (2016). Human-Experiential Design of Presence in Everyday Blended Reality. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30334-5>
20. Williams-McBean C.T. (2019). The value of a qualitative pilot study in a multi-phase mixed methods research. *Qualitative Report*, 24(5), pp. 1055-1064
21. Zhang W., Su, D. & Liu, M. (2013). Personality Traits, Motivation and Foreign Language Attainment. *Journal of Language Teaching and Research*, 4(1), pp. 58-66.
22. Zho, S., Page-Gould, E., Aron, A., Moyer, A. & Hewstone M. (2019). The Extended Contact Hypothesis: A Meta-Analysis on 20 Years of Research. *Pers Soc Psychol Rev.*, 23(2), pp. 132-160, <https://doi.org/10.1177/1088868318762647>.

Секция 11. Экономика, управление, комплексные коммуникации в сфере строительства и недвижимости.

Информационные системы в строительстве

ЭКОНОМИКО-ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА

Р.Т. Аветисян¹, Е. Билонда Трегубова², Р.Р. Казарян³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹robert.avetisyan.98@mail.ru

²lena.tregubova.99@inbox.ru

³r.kazarian@mail.ru

Аннотация

Цели: В статье авторами рассматривается применение информационных технологий (ИТ) в управлении строительными проектами. В настоящее время решающим фактором для успешного завершения проектов с учетом времени, качества и финансовых затрат обеспечивается развитием новых технологий, появилась возможность организовать единое пространство для хранения и работы с файлами через облачные сервисы. При поддержке применения облачных разработок строительная индустрия дополняет достоинства, так как данные спецтехнологии позволяют иметь уверенным пользователям в значительной степени больше независимости, упрощая производство с помощью группировки доступа к первостепенной информации с того или иного объекта или гаджета. Однако существуют трудности при визуализации процесса планирования и интеграция информации между заинтересованными сторонами. Целью данной работы является изучение эффективности экономико-визуальной модели, а также возможность сокращения всевозможных затрат при разработке проектов за счет внедрения экономико-визуальной модели, определение нынешнего состояния и тенденции развития информационных технологий в строительном производстве. В работе рассматриваются риски, возникающие при проектировании и строительстве зданий и сооружений на протяжении всего времени, обсуждается актуальная на сегодняшний день тема, связанная с применением в проектировании компьютерных и математических моделей объекта. Созданные модели содержат в себе всю необходимую информацию для всех заинтересованных лиц, участвующих в процессе проектирования. Данные информационные модели могут служить удобным и эффективным инструментом, позволяющим контролировать жизненный цикл объекта.

Методы: исследованы современные опыты применения экономико-визуального моделирования. На базе литературного анализа относительно вопроса данной технологии были изучены работы отечественных и зарубежных авторов. На основе информационной модели (BIM) выбирается оптимальное организационно-технологическое решение.

Результаты: в результате проведенного аналитического исследования были изучены материалы по практическому применению экономико-визуальной модели. Приведена принципиальная блок - схема 4D моделирования для минимизации возникновения рисков при проектировании. 4D модель позволяет оценить продолжительность проекта, уровень производительности труда персонала, а также визуализировать процесс строительства во времени.

Выводы: на основе результатов теоретического исследования выявлена актуальность и перспективность применения информационного моделирования для предотвращения

возникновения критических рисков. Проведенный анализ указывает на необходимость применения 4D-моделирования в организации строительного производства касательно интеграции с другими программными решениями, в результате чего можно «дописывать» свои приложения, которые доступны для получения информации напрямую из файлов в режиме настоящего времени, что в значительной степени обеспечит процессы управления жизненным циклом строительных объектов.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие внимание научного и профессионального сообществ России и лидирующих зарубежных стран заострено на проблеме развития информационного моделирования объектов строительного сектора. В решении данного вопроса принимают участие и ведущие профессиональные организации международного уровня.

Сегодня известен широкий ряд цифровых технологий, в которых относятся технологии компьютерного и математического моделирования [1]. Технологии, связанные с Big Data, позволяющие обрабатывать огромные массивы информации в цифровом поле. Интеллектуальные технологии, позволяющие определять положение предметов, различных объектов в пространстве. Облачные сервера, интеллектуальные датчики для постоянного контроля и наблюдения, мобильные устройства. А также технологии аддитивной печати [2].

В результате анализа были исследованы основные аспекты современных информационных технологий. Необходимо заметить, что введение и продвижение информационных технологий является обязательным обстоятельством развития строительного сектора как цифровой отрасли.

Применение цифровых технологий позволит изыскателям, инженерам, дизайнерам и архитекторам работать в едином информационном поле и реализовывать сложные проекты различного назначения. Однако, необходимо заметить, что реализация в практике цифровых методов проектирования сталкивается с различными проблемами. Необходима смена или переквалификация персонала, подходов в решении задач. Все чаще на рынке труда появляются специалисты, как BIM-менеджеры (неотъемлемая часть цифрового проектирования).

Цифровизация строительства и информационное моделирование объектов различного назначения заключается в разработке и использовании согласованных и взаимозависимых проектных решений. Далее следующие данные передаются на формирование и разработку технической документации. [3].

Существует два главных направления цифрового моделирования:

- 1) Постепенный переход от привычных информационных моделей в трехмерном пространстве (3D) к моделям более высокого уровня, содержащие дополнительные данные о строящемся объекте в 4D (время) и 5D (финансы);
- 2) Следующим направлением является перевод структурированной инженерной информации об объекте в облачные сервера. Данный подход многократно облегчит общее использование информации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На сегодняшний день в процесс проектирования вовлечено некоторое количество субподрядных организаций. В таких случаях велика вероятность допущения рисков, которые в дальнейшем скажутся на качестве готовой продукции.

На различных этапах проектирования объектов различного назначения возникают следующие, наиболее часто встречающиеся риски:

Вероятность возникновения рисков появляется уже на первом этапе, еще до начала проектирования объекта капитального строительства. Данные риски связаны с недостаточной или некачественно проработкой материала и информации о будущем объекте.

На данном этапе необходимо учитывать различные факторы, связанные с территорией размещения объекта строительства, возможность подключения объекта к городским коммуникациям, необходимо учитывать всевозможные градостроительные ограничения, транспортную инфраструктуру и экологическую составляющую. В результате достоверной и необходимой информации можно принимать решение на составление технического задания на проектирование [3]. На следующем этапе, при постановке задач в техническом задании, возникает вероятность появления рисков. От качественно разработанного технического задания зависит множество показателей, такие как: сроки выполнения СМР, стоимость работ, а также стоимость строительства в целом.

На данном этапе заказчик и генеральный проектировщик должно понимать, что они хотят построить исходя из сложившегося на строительной площадке инженерно-геологического основания, с учетом градостроительных ограничений, какие материалы будут использованы во время строительства, оборудования, инженерные системы и т.д. Обязательно в техническом задании необходимо расписать архитектурные решения, внутренние инженерные сети, конструкторские решения, система противопожарной безопасности. Мониторинг несущих конструкций объекта, автоматизация инженерных систем и коммуникаций [4-6].

Далее на этапе проектирования возникают риски, связанные с изменениями ранее принятых решений. Заказчику и проектировщику в процессе проектирования приходится принимать решения, не проработанные в техническом задании, то есть вносить изменения в проектную документацию. Нередко вносимые корректировки связаны с вопросами оптимизации проектных решений, позволяющие снизить стоимость строительства, повысить эффективность производимых работ без нанесения ущерба качеству и безопасности возводимого объекта капитального строительства. Также корректировки могут быть связаны с недоработанными решениями на предыдущих стадиях. Бывают случаи, когда в результате принимаются решения, повышающие как сложность их выполнения, так и стоимость. Увеличиваются сроки разработки проектной документации и объекта строительства в целом. Как пример, некорректная информация по инженерно-геологическим изысканиям может стать следствием изменения ранее выбранного фундамента, что влечет за собой дополнительные траты (если инженерно-геологическое строение участка под строительство являлось сложнее).

В каждом проекте возникают риски, связанные с изменением принятой сметы (бюджета). Подобные риски возникают в результате вышеупомянутых случаев в процессе проектирования. Нередко случается, что в процессе уже возведения объекта выявляются обстоятельства, которые невозможно было предвидеть на ранних стадиях.

Следующий ряд рисков возникает на этапе согласующих инстанций и государственной/негосударственной экспертизы. Выявленные недоработки и замечания, оставленные согласующими и экспертными инстанциями, могут потребовать дополнительные сроки на выполнение, а также повлекут за собой увеличение сметной стоимости объекта.

В процессе возведения здания повышается вероятность возникновения рисков, связанных с обеспечением безопасности объекта во время строительства и в ходе эксплуатации. Проектировщики в ходе проектирования пытаются минимизировать и предотвращать данный вопрос следующими способами: применение качественных материалов, четкое соблюдение технологии при проведении СМР, с привлечением квалифицированных специалистов. Также необходимо осуществлять мониторинг работы основных несущих конструкций здания и всего процесса строительства, проработка и внедрение проекта по комплексной безопасности объекта строительства. В состав проектов включаются техногенные, противопожарные и антитеррористические факторы [7-9].

Риски, возникающие в процессе строительства, затрагивают качество и стоимость СМР, безопасность рабочих. Данные риски относят к самым тяжелым производственным и

управленческим. От них зависит конечный результат продукции.

Рационально учитывать и минимизировать риски на разных этапах жизненного цикла объекта. Жизненный цикл здания включает в себя: планирование, предпроектные работы по участку, проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция. На всех ранее упомянутых стадиях возникают различные риски [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Минимизация и применение методов, позволяющих снижать риски на различных этапах жизненного цикла объекта, являются актуальным вопросом для строительного сектора [11-13].

Применение цифровых технологий позволяет получать точную модель в цифровом поле, которая содержит в себе точные геометрические параметры и необходимую информацию о проектируемом объекте.

В результате анализа, проведенного для понимания эффективности цифрового проектирования, являются:

- Для получения максимальной эффективности в проектировании и минимизации появления рисков на различных этапах строительства информационная модель строящегося объекта должна создаваться проектировщиками как одной команды (в едином информационном поле).

- Необходима разработка дельного календарного плана строительства.

- После введения объекта в эксплуатацию цифровая модель здания продолжает оставлять информацию об объекте на облачных серверах. Данная информация будет полезна эксплуатирующим организациям и позволит минимизировать бумажную волокиту.

- В последнее время набирает популярность применения цифровой модели объекта в трехмерном пространстве с дополнительными факторами: время, смета и т.д.

Ниже показана принципиальная схема, необходимая для минимизации появления рисков при согласовании проектов (рис.1) [7].

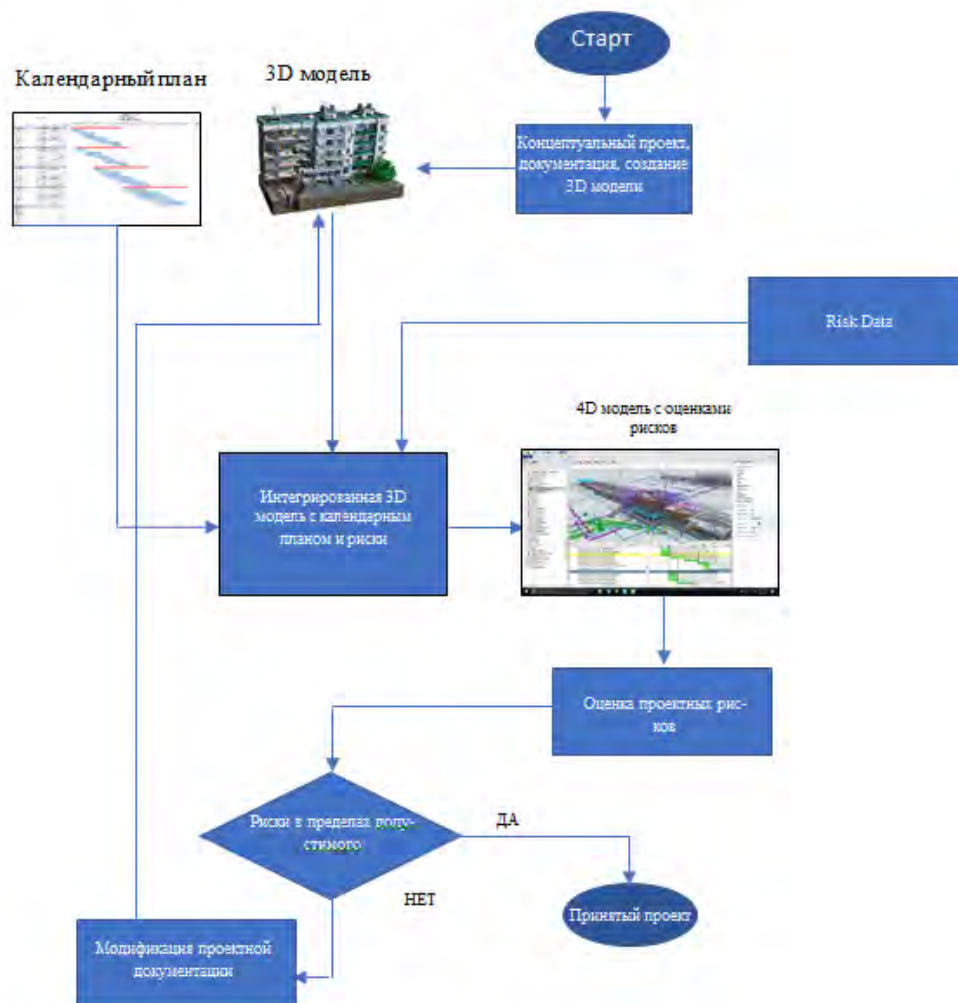


Рис.1. Блок-схема рассматриваемого метода

Необходимо отметить, что для создания масштабной модели, которая позволит обеспечить функционирование экономико-визуальной модели, необходимо интегрировать систему САПР, которая поддерживает стандарты BIM (рис. 2).



Рис. 2. Системы САПР, поддерживающие стандарты ЭВМ

Данная методология по разработке проектной документации на территории Российской Федерации не получило широкого применения по определенным причинам. Однако

существует определённый опыт по применению ЭВМ в проектировании проектно-сметной документации некоторых компаний. Одним из таких проектов является объект использования атомной энергии в г. Димитровграде (застройщик-ОАО «ГНЦ НИИАР»). Для объекта была создана ЭВМ. Внедрения ЭВМ в разработке ПОС дало возможность выявить и устранить проектные недоработки. Результаты, полученные в результате апробации ЭВМ на данном объекте представлены в таблице 1 [11].

Таблица 1. Результаты применения экономико-визуальной модели

Характеристики объекта апробации	Базовые значения	Улучшенные значения
Продолжительность сооружения в т.ч.:	55 мес.	50 мес.
- подготовительный период	5 мес.	6 мес.
- устройство котлована	4 мес.	4 мес.
- строительство реакторного блока без учета котлована	46 мес.	40 мес.
Стоимость сооружения	10,04 млрд. руб.	8,37 млрд. руб.

Как итог, по результатам внесенных корректировок в проектную документацию, удалось сократить продолжительность строительства, сократить директивный пусть по строительству реакторного блока, общую стоимость сооружения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в рамках поставленных целей и задач, можно выделить следующие сферы цифровых технологий для минимизации рисков на различных этапах жизненного цикла объекта:

1. разработка 4D информационной модели, которая позволяет контролировать этапы жизненного цикла объекта строительства, упрощает и оптимизирует работу проектировщик, помогает осуществлять планирование и визуализировать планы с течением времени;
2. детализирование: используя виртуальное информационное пространство BIM проектировщики могут обсуждать вопросы конструктива объекта, объемно-планировочные и т.д., что в свою очередь способствует сокращению ошибок;
3. планирование: применение BIM моделирования в планировании строительных объектов позволяет на ранних этапах предугадывать пространственно-временные коллизии, оптимизировать процессы, увеличивать производительность работ;
4. коммуникация: использование BIM-моделирования может улучшить коммуникацию всех участников реализации проекта;

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисян Р.Т., Билонда Трегубова Е., Применение экономико-визуальной модели в строительстве с целью эффективной реализации проектов // «ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ» Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2–5 марта 2020 г. С. 1289 - 1291.
2. Bilonda Tregubova E., Abramov I.L. Development of additive technologies in construction // «МОЛОДЁЖНЫЕ ИННОВАЦИИ» сборник материалов семинара молодых учёных в рамках XXIII Международной научной конференции. Москва, 2020. С. 224 - 228.
3. Korabelnikova S.S., Korabelnikov S.K. Digital technology as an element of reducing the risks in the construction. Diskussiya [Discussion], 93, 18 - 27.
4. Чурбанов А.Е., Шамара Ю.А. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 824 - 835.

5. Александрова Е. Б. Минимизация рисков инвестиционно-строительных проектов с использованием BIM технологий // «Инновации и инвестиции», №11, 2018, стр. 15 - 18.
6. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Строительные науки, №3, 2018, стр. 107 - 117.
7. Salman Azhar, Role of visualization technologies in safety planning and management at construction jobsites // Procedia Engineering 171, 2017. S. 215 - 226.
8. P Mesaros, M Spisakova and D Mackova Analysis of Safety Risks on the Construction Site // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 222 (2019) 012012.
9. Липидус А.А., Аветисян Р.Т. Мирзаханова А.Т., Казарян Р.Р. Перспективы развития BIM технологий на территории российской федерации // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. С. 331 - 334.
10. Douglas M. Brito and Emerson A.M. Ferreira // Procedia Economics and Finance 21 2015, S. 374 - 382.
11. Ashwin Mahalingam, Rahul Kashyap, Charudatta Mahajan // Automation in Construction 19. 2010.
12. Султанова И.П. Методика разработки проектов организации строительства на основе экономико-визуальной модели // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. 2015 г.
13. David Heesom and Lamine Mahdjoubi Trends of 4D CAD applications for construction planning // Construction Management and Economics (February 2004) 22, S. 171 - 182.

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ КАРЬЕРОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.Ю. Алексеева¹, И.В. Бузякова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, ш. Ярославское, д. 26,

¹*Jul.Alexeeva@mail.ru*

²*buzyakova@mail.ru*

Аннотация

Для решения проблемы нехватки земель, пригодных для организации селитебных территорий в Московской области необходимо восстановление и возвращение в хозяйственный оборот земель отработанных карьеров по добыче строительного песка, песчано-гравийных пород, а также глин и суглинков. В статье рассмотрены действующие карьеры Московской области. На основе данных перечня лицензий на пользование недрами в целях геологического изучения, разведки и добычи основных полезных ископаемых Министерства экологии и природопользования Московской области, произведен анализ по следующим факторам: территориальное расположение, добываемые ресурсы, площадь и удаленность от населенных пунктов. Наибольшее число карьеров сосредоточено в западной и восточной частях Московской области вблизи от населенных пунктов, площадь которых составляет до 50 га. Анализ показал, что большую часть площадок, преимущественно расположенных на западе и востоке, потенциально возможно использовать в целях организации рекреационных, селитебных, административных, а также промышленных территорий, а также, за счёт территорий рекультивированных карьеров возможно решить социальную проблему обеспечения многодетных семей Московской области землёй пригодной для проживания.

Ключевые слова: рекультивация, действующие карьеры, общераспространённые полезные ископаемые.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время достаточно остро стоит вопрос о нехватке земель, пригодных для организации селитебных территорий, как правило в крупных агломерациях, особенно в Московском регионе, включающем г. Москву и Московскую область.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из средств решения данной задачи может являться восстановление и возвращение в хозяйственный оборот земель отработанных карьеров.

Горнодобывающая промышленность в Московской области сосредоточена на разработке месторождений строительного песка, песчано-гравийных пород, а также глин и суглинков. Несмотря на то, что разработки ведутся на сравнительно небольших глубинах до 30-40 метров, разработка карьеров наносит большой ущерб экосистемам, гидрологическому балансу подземных вод, а также является причиной образования опасных геологических процессов. Кроме этого, территории исключаются из хозяйственного оборота, и не могут быть использованы для размещения гражданских или промышленных объектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время на территории Московской области ведется разработка 221 карьера. Это месторождения, на разработку которых, официально Министерством экологии и природопользования Московской области предоставлены лицензии на пользование недрами в целях геологического изучения, разведки и добычи общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) на территории Московской области. Наибольшее число карьеров сосредоточено в западной и восточной частях региона (рис. 1).

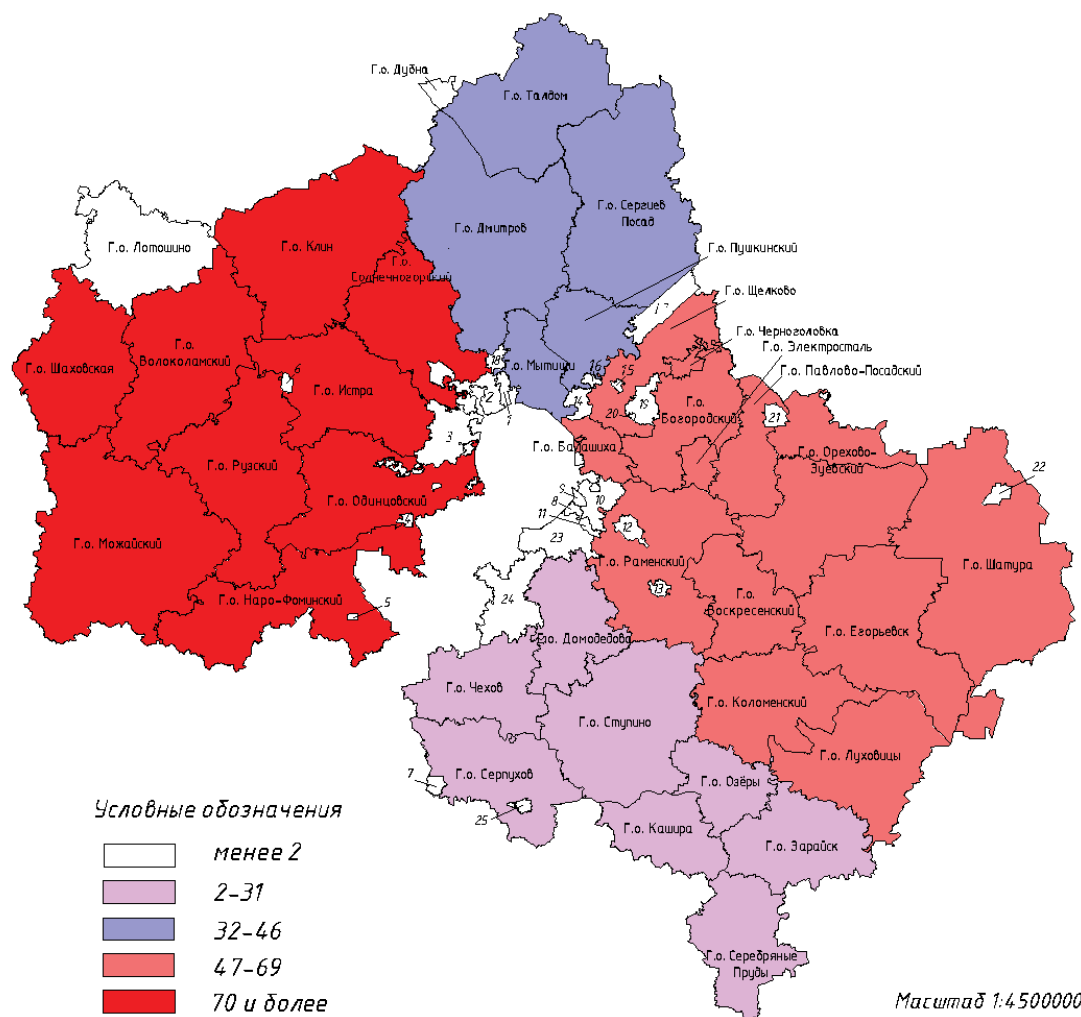


Рис. 1. Карта-схема концентрации разрабатываемых карьеров, по состоянию на сентябрь 2019 года

Территории где отсутствуют карьеры: 1 – г.о. Долгопрудный, 2 – г.о. Химки, 3 – г.о. Красногорск, 4 – г.о. Власиха, 5 – г.о. Молодежный, 6 – г.о. Восход, 7 – г.о. Протвино, 8 – г.о. Дзержинский, 9 – г.о. Котельники, 10 – г.о. Люберцы, 11 – г.о. Лыткарино, 12 – г.о. Жуковский, 13 – г.о. Бронницы, 14 – г.о. Королёв, 15 – г.о. Фрязино, 16 – г.о. Ивanteeвка, 17 – г.о. Красноармейск, 18 – г.о. Лобня, 19 – г.о. Лосино-Петровский, 20 – г.о. Звездный, 21 – г.о. Электрогорск, 22 – г.о. Рязань, 23 – Ленинский, 24 – г.о. Подольск, 25 – г.о. Пущино.

Геологическое строение территории Московской области обуславливает текущее распределение карьеров по территории региона по видам добываемых ресурсов (рис.2), основная доля которых приходится на добычу песка и глины [1, 3, 4, 5, 6].

По занимаемой площади карьеры распределены неравномерно по территории Московской области (рис.3). Большинство (63%) из всех действующих карьеров занимают относительно небольшие площади до 50 га, такие карьеры широко распространены по всей территории Московской области, сравнительно меньший процент 23% составляют карьеры площадью до 100 га, 9% до 150 га и 4% до 200 га.

Однако, большинство разрабатываемых карьеров расположены в относительной близости к селитебным территориям: от 0,1 до 1,5 км (рис. 4). В территориальном отношении это наблюдается в городских округах запада и востока Московской области, так как исторически населенные пункты формировались вблизи производств и сырьевой базы для них.

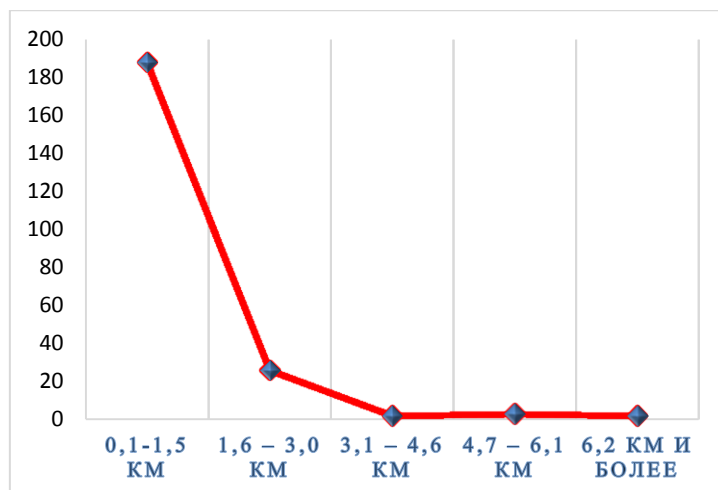


Рис. 4. Количество карьеров по удаленности от населенных пунктов

Разработка карьеров оказывает выраженное техногенное влияние. На основе данных спутниковых карт видно, что часть разрабатываемых карьеров Московской области уже обводнена, это приводит к развитию опасных геологических процессов. Чаще всего это происходит в результате глубокой выработки карьера (до 30-40 м), в то время как добыча осуществляется только на его террасах [2,7]. Географически основная доля обводненных карьеров сосредоточена на западе и востоке региона.

ВЫВОДЫ

По итогам предварительного анализа, можно сделать следующие выводы:

- большую часть разрабатываемых карьеров сосредоточена на западе Московской области, также следует отметить, что западное направление в транспортном и экономическом отношении более перспективно;
- в совокупности большее число карьеров занимают площади до 100 га, это оптимальная площадь для размещения жилых и рекреационных территорий.
- наибольшее число карьеров сосредоточено вблизи селитебных территорий, что, также, важно в их будущей рекультивации и дальнейшем использовании в целях строительных площадок;
- за счёт территорий рекультивированных карьеров возможно решить социальную проблему обеспечения многодетных семей Московской области землёй пригодной для проживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А.А., Тектоническая история территории СССР и сопредельных стран, «Вестник МГУ. Серия IV. Геология», 1968, №1
2. Ведомственная информационная система Комитета по архитектуре и градостроительству Московской области (ВИС/ ИСОГД) www.isogd.mosreg.ru
3. Данышин Б.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и её окрестностей. М., 1947
4. Инженерная геология СССР. Том 1. Русская платформа. МГУ, Москва, 1978 г.
5. Шатский Н.С., Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы, «Изв. АН СССР. Серия геологическая», 1946, № 1
6. Шик С.М., Шик Е.М. Бюллетень Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. № 6. 2015. 128 стр.
7. Электронный ресурс www.wikimapia.org

МЕТОДОЛОГИЯ МИНИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

С.А. Баронин

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный архитектурно-строительный университет»,
440027, г. Пенза, ул. Тумова, д.27, baron60@inbox.ru

Аннотация

Предмет исследований в данной статье ориентирован на изучение бережливости с позиций развития применения концепции минимизации стоимости владения объектами жилой недвижимости как комплекса организационно-экономических отношений и взаимодействий субъектов владения за определенные периоды владения на основе энергоэффективных мероприятий.

Исследована современная актуальная проблематика бережливости с позиций развития оценочной концепции минимизации стоимости владения жилой недвижимостью как результата генезиса оценки и управления стоимостью объектов капитального строительства во владении.

Целью исследования - разработка теоретических положений и практических расчетов бережливости по объектам капитального строительства с позиций моделирования методических подходов оценки и управления минимизацией стоимости владения жилой недвижимостью на основе энергоэффективных мероприятий применительно к субъектам, объектами и периодам владения.

Объект исследования – рынок объектов капитального строительства типа жилой недвижимости в процессе их эксплуатации и владения, как особый тип кластер-системы владельцев жилья, в условиях приоритета снижения стоимости владения на основе энергосбережения.

Основные методы исследования - комплекс системных методических подходов, основанных на диалектико-материалистических, гносеологических и рационалистических подходах, основополагающие труды классиков экономических теорий, методах абстракции, сравнения, анализа, синтеза, моделирования, прогнозирования, экспертных оценок, теории оценочной деятельности, математической статистики, экономико-математического моделирования, факторного, ситуационного и ретроспективного анализа.

В статье продемонстрирован авторский методический подход по расчету и минимизации стоимости владения жилой недвижимостью на основе внедрения энергоэффективного мероприятия на уровне отдельной квартиры, подъезда и целого многоквартирного жилого дома в г.Пензе.

Полученные исследовательские результаты подтверждают ценность выполненных теоретических и научно-практических разработок с позиций развития в России института бережливого собственника жилья на основе формализации индикаторов владения собственностью, а также соответствующей теории и практики оценки стоимости владения и управления ее минимизацией. Сделаны основные выводы и рекомендации по исследуемой проблематике.

ВВЕДЕНИЕ

Выполненный обзор [1] показал, что проблематика изучения развития бережливости при владении недвижимостью на основе минимизации стоимости владения жилой недвижимостью формируется в условиях мирового тренда применения концепции стоимости владения «*Total Cost of Ownership (TCO)*» [2]. Анализ показал, что внутрироссийская практика оценки жизненных циклов [3] при закупках товаров для государственных и муниципальных нужд согласно федерального закона 44-ФЗ о для обеспечения приоритета инновационной и

высокотехнологической продукции [4,5], может стать основой для расчетных моделей оценки ТСО в России.

Современный тренд эффективности требует реализации стратегии оценки стоимости жизненных циклов товаров, работ [6], контрактов на жизненные циклы (КЖЦ) [7], определения максимальной начальной стоимости КЖЦ и стоимости владения [8,9,10].

Проблематике бережливости с позиций управления совокупной стоимостью жизненных циклов недвижимости с разным уровнем энергоэффективности в жилищном строительстве, также уделялось определенное внимание [11,12].

Установлено, что ТСО можно определить как стоимость владения относительно жизненного цикла (ЖЦ) любого типа товара, изделия, системы или работы, состоящей из суммы совокупных затрат владения за определенный период владения [13,14].

Особенности рынка эксплуатируемой жилищной недвижимости предъявляют особые требования к специфике моделирования ТСО.

Рабочая гипотеза исследования предполагает, что решение проблемной ситуации необходимости развития национальной идеи бережливого собственника в России в жилищной сфере требует применения институционального инструментария стоимости владения с целью минимизации бремени затрат владения всех типов собственников жилья на основе широкомасштабных программ и мероприятий энергоэффективности.

В этой связи была поставлена цель по разработке теоретических положений и практических расчетов бережливости по объектам капитального строительства с позиций моделирования методических подходов оценки и управления минимизацией стоимости владения жилой недвижимостью на основе энергоэффективных мероприятий применительно к субъектам, объектами и периодам владения.

Научная новизна данного исследования определяется как комплекс научных принципов, концептуальных подходов, методологий, методических подходов и методик по стоимостному моделированию процессов оценки и управления стоимостью владения объектов жилищной недвижимости.

МЕТОДИКА

Стоимость владения ($C_{вл}$) жилой недвижимости предлагается определяется как сумму единовременных затрат субъекта владения на ее приобретение ($Z_{сзвл}$) на дату вступления в состояние владения и совокупных годовых затрат владения ($Z_{сзвл}$) от момента вхождения в состояние владения (T_0) до момента выхода собственника из состояния владения (T_B).

Этот подход предлагается formalизовать методически следующим образом (формула 1):

$$C_{вл} = Z_{п}(T_0) + \sum_{T_0}^{T_B} Z_{сзвл} \quad (1)$$

,где период владения недвижимостью $T_{вл}$ будет определяться следующим образом:

$$T_{вл} = T_B - T_0 \quad (2)$$

$Z_{сзвл}$ предлагается рассчитывать в годовых циклах эксплуатации с минимальным затратным периодом владения – ежемесячными циклами затрат. В этом случае расчетная формула примет следующий вид:

$$\sum_{T_0}^{T_B} Z_{сзвл} = \sum_{T_0}^{T_B} \sum_{i=1}^{12} Z_{сзвл i} = \sum_{T_0}^{T_B} \sum_{i=1}^{12} (Z_{эi} + Z_{влi}) \quad (3)$$

,где $Z_{эi}$ – совокупные ежемесячные эксплуатационные затраты;

$Z_{влi}$ – ежегодные титульные расходы владения.

В свою очередь структура затрат владения $Z_{СЗВЛ}$ будет складываться: *во-первых*, из ежемесячных эксплуатационных затрат, которые рассчитываются как многокомпонентная составляющая по видам локальных затрат:

$$Z_{Эi} = C_{Gi} + C_{ЖУi} + C_{ЭЛi} + C_{ТКОi} + C_{ВВи} + C_{ОTi} + C_{КРi} \quad (4)$$

,где C_{Gi} – месячные расходы на газоснабжение;

$C_{ЖУi}$ – месячные расходы на жилищные услуги (расходы на управляющую компанию);

$C_{ЭЛi}$ – месячные расходы на электричество;

$C_{ТКОi}$ – месячные расходы на вывоз твердых коммунальных отходов;

$C_{ВВи}$ – месячные расходы на водоснабжение и водоотведение;

$C_{ОTi}$ – месячные расходы на отопление;

$C_{КРi}$ – месячные расходы на капитальный ремонт.

во-вторых, ежегодных титульных расходов субъекта владения недвижимостью, связанных с владением, а именно: величина налога на имущество физических лиц, расходов на страхование недвижимости, расходы с оплатой риэлтерских услуг при купле или продаже недвижимости, а также прочие:

$$Z_{ВЛi} = C_{НИФЛi} + C_{СТРi} + C_{ПРi} \quad (5)$$

где $C_{НИФЛi}$ – расходы на налог на имущество физических лиц;

$C_{СТРi}$ – ежегодные расходы на страхование;

$C_{ПРi}$ – прочие расходы.

Методика стоимости владения недвижимостью предусматривает выполнение расчетов показателей $C_{ВЛ}$ как в абсолютных показателях за определенный период, так и в относительных на 1 м² общей или жилой площади. Это иллюстрирует следующая формула:

$$C_{ВЛ}^{м^2} = \frac{C_{ВЛ}}{S} \quad (6)$$

,где $C_{ВЛ}$ – стоимость владения жилой недвижимостью,

S –жилая или общая площадь недвижимости.

Также расчеты стоимости владения предлагается выполнять применительно к различным типам субъектов владения, а именно: единоличному владельцу жилой недвижимости или нескольким владельцам жилой недвижимости. В этом случае формула стоимости владения принимает следующий вид:

$$C_{ВЛ}^N = \frac{C_{ВЛ}}{N} \quad (7)$$

, где $C_{ВЛ}$ – стоимость владения жилой недвижимостью;

N – количество собственников жилой недвижимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для расчета стоимости владения объекта оценки (двухкомнатной квартиры общей площадью 43 м², расположенной по адресу г. Пенза, ул. Беяева) воспользуемся формулой (1). При этом расчетный период владения принят от 2003 года до конца 2020 года, при условии ее перепродажи по рыночной стоимости:

$$C_{ВЛ}^{ОО} = Z_{П}^{2003} + \sum_{2004}^{2020} Z_{СЗВЛ} \quad (9)$$

$$\sum_{2004}^{2020} Z_{CЗВЛ} = \sum_{2004}^{2020} \sum_{i=1}^{12} Z_{CЗВЛ i} = Z_{Эi} + Z_{ВЛi} =$$

$$= C_{Гi} + C_{ЖУi} + C_{ЭЛi} + C_{ТКОi} + C_{ВВi} + C_{ОТi} + C_{КРi} + C_{НИФЛi} + C_{ПРi} \quad (10)$$

, где $C_{Гi}$ – затраты на газоснабжение; $C_{ЖУi}$ – затраты на жилищные услуги;

$C_{ЭЛi}$ – затраты на электроснабжение; $C_{ТКОi}$ – затраты на вывоз твердых коммунальных отходов; $C_{ВВi}$ – затраты на холодное водоснабжение и водоотведение; $C_{ОТi}$ – затраты на отопление; $C_{КРi}$ – взносы на капитальный ремонт дома; $C_{НИФЛi}$ – налог на имущество физических лиц; $C_{ПРi}$ – прочие затраты.

Структура затрат и удельные веса статей расходов по ежемесячным платежам субъекта владения приведены на рис. 1.

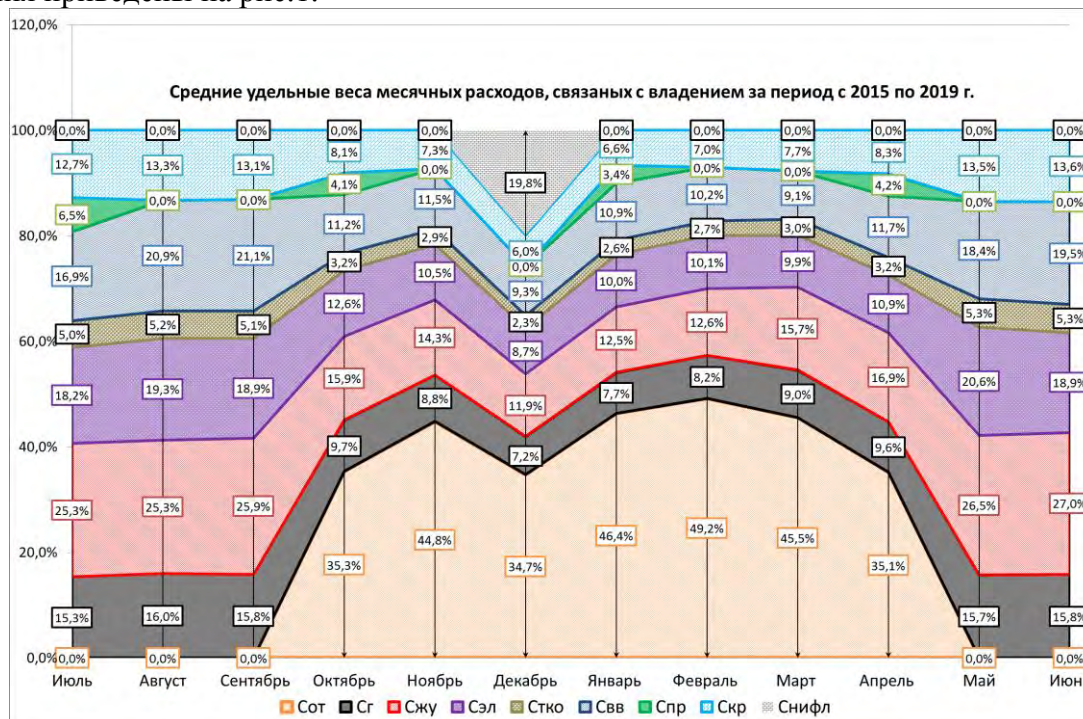


Рис. 1. Среднестатистическая структура ежемесячных удельных весов затрат владения жилой недвижимостью по локальным показателям $Z_{CЗВ}$ за период владения с 2015 по 2019 гг.

Использование разработанного методического аппарата позволило определить итоговое значение $Z_{CЗВЛ}$ с 2004 г. по 2020 г. в размере 559 809 руб., а также общую величину стоимости владения $C_{ВЛ}^{OO}$ в размере 939 809 руб.

Моделирование графика изменения совокупной стоимости владения за весь период владения квартирой показан на рис.2.

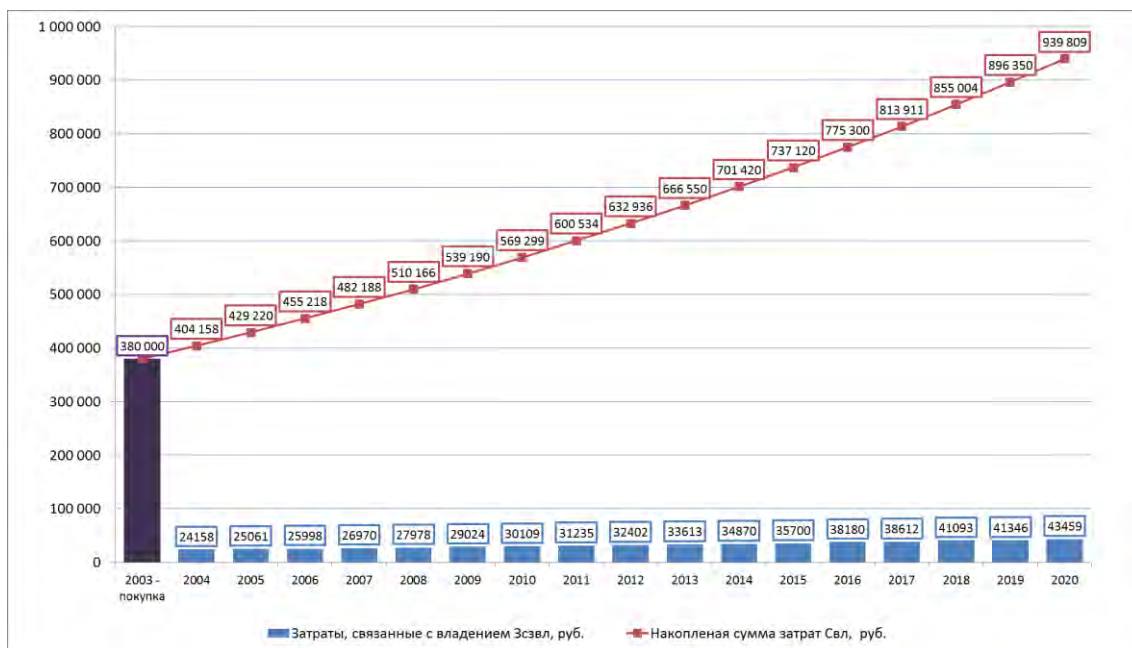


Рис.2. Тенденции изменения ежегодных значений стоимости владения недвижимостью $Z_{свл}$ и интегральной накопленной суммы затрат $C_{вл}$ с учетом стоимости приобретения квартиры за весь период владения 2003-2020 гг.

Анализ показал, что средние показатели стоимости владения данной квартиры за один месяц составили 31 667 руб./мес. в 2003 г. и изменились до 78 317 руб./мес. в 2020 г. Соответственно и стоимость одного дня владения изменилась с 1041 руб./день до 2575 руб./день. Средний годовой рост стоимости владения квартирой составил 6%.

Выполненный расчет величины удельных показателей совокупной стоимости владения $C_{вл}^{00}$ на 1 м² жилой недвижимостью в течение всего периода владения показал следующие их значения: а)ежемесячная стоимость владения 1 м.кв. - 736 руб./мес. (2003 г.) и 1821 руб./мес. (2020 г.); б) ежедневная стоимость владения 1 м.кв.: 24 руб./день (2003г.) до 60 руб./день (2020г.).

На заключительном этапе исследования осуществлено моделирование процессов управления снижением стоимости владения за счет инновационных мероприятий – отказ от центрального отопления и горячего водоснабжения в пользу инновационного высокоэффективного молекулярного котла АТП-ТермаРОН (разработчик Толстолугов В.А.). Он за счет волново-резонансных, кавитационных, молекулярно-кластерных и ионизационных процессов обеспечивает преобразование 1 кВт электрической энергии в 3,6 кВт тепловой энергии, что обеспечивает снижение более чем на 300% стоимости тепла и горячей воды при оплате коммунальных услуг.

Выполненные исследования показали, что несмотря на снижение совокупных затрат владения $Z_{свл}$, установка АТП-ТермаРОН в отдельную жилую квартиру является экономически нецелесообразной из-за длительного срока окупаемости в 51 год. При этом наибольшее снижения затрат связанных с владением $Z_{свл}$ и стоимости владения $C_{вл}^{00}$ при наименьшем сроке окупаемости в 1,76 года возможно получить, установив два котла АТП-ТермаРОН/МидиТЕРМ в жилой дом, в котором располагается рассматриваемая квартира. В этом случае обеспечивается максимальное сокращение стоимости владения и окупаемость проекта составит 1,76 года.

ВЫВОДЫ

Авторские исследования подтвердили актуальность изучения предмета исследования, связанного с изучение бережливости с позиций развития применения концепции

минимизации стоимости владения объектами жилой недвижимости как комплекса организационно-экономических отношений и взаимодействий субъектов владения за определенные периоды владения на основе энергоэффективных мероприятий.

Выполненная апробация авторской методики оценки стоимости владения жилой недвижимостью на стадиях ее эксплуатации по фактическим затратам на примере двухкомнатной квартиры общей площадью 43 м² в г. Пензе показала возможность ее успешного применения.

Показан процесс моделирования управлением снижением стоимости владения за счет инновационных энергоэффективных мероприятий за счет снижения эксплуатационных затрат на отопление, которые в отопительный период доходят до 50%. Применение высокоэффективного молекулярного котла с кавитационными, молекулярно-кластерными и ионизационными процессами позволило обеспечить снижение более чем на 300% стоимости тепла и горячей воды при оплате коммунальных услуг, существенно сократить стоимость владения жильем и обеспечить срок окупаемости этого мероприятия в 1,7 года.

Установлена необходимость в дальнейших исследованиях в этой области в части дополнительных научно-практических обоснований по развитию в России института бережливости на основе концепции минимизации стоимости владения как особого типа государственной политики в области строительства и эксплуатации жилого фонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baronin S., Kulakov K., Metod of modeling TCO residential real estate in the life cycles of building as a promising energy efficiency management tool: MATEC Web of Conferences . "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017. С. 06022.
2. Baronin S.A., Yankov A.G., Bizhanov S.A. Assessing the cost of real estate lifecycle contracts in Russia's present-day economy and the characteristics of the European experience. Life Science Journal – 11(8s) – 2014 – P. 249-253.
3. Baronin S.A., Kulakov K.Y. Modeling total cost of ownership residential real estate in the life cycles of buildings. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 10, October 2018, pp. 1140-1148.
4. Федеральный закон Российской Федерации «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» №44 ФЗ от 05.04.2013 г.
5. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат. Национальное Объединение Проектировщиков, Москва, 2014.-78 С.
6. Кулаков К.Ю. Методологические аспекты моделирования концепции стоимостной оценки жизненных циклов в оценочной деятельности России. Экономические стратегии. 2020. №4(170). С.80-91.
7. Баронин С.А., Янков А.Г. Контракты жизненного цикла: понятийный анализ, зарубежный опыт и перспективы развития в России [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал Современные проблемы науки и образования – 2013. № 6; Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/113-11588>.
8. Стоимость владения жилой недвижимостью по совокупным затратам в жизненных циклах воспроизводства как основа управления энергоэффективностью. Казейкин В.С., Баронин С.А., Белый А.В., Бижанов А.Х., Бижанов С.А., Гребенщиков В.С., Янков А.Г. Астана, ПРООН, 2015.-212 С.
9. Кулаков К.Ю., Баронин С.А. Стоимостное моделирование жизненных циклов строительства зданий на основе совокупных затрат и оценка стоимости контрактов на жизненные циклы недвижимости. Недвижимость: экономика, управление. 2019. №1. С.32-38.
10. Баронин С.А., Кулаков К.Ю. Генезис управления стоимостью контрактов жизненного цикла объекта капитального строительства и стоимости владения недвижимостью. Недвижимость: экономика, управление. 2020. №1. С.10-14.
11. Баронин С.А. Методические аспекты формирования и управления совокупной стоимостью жизненных циклов недвижимости с разным уровнем энергоэффективности. Монография. Пенза. ПГУАС. 2017.
12. Kulakov K.Y., Baronin S.A. Developing affordable and energy efficient housing in Russia based on real estate total cost of ownership management // Journal of Advanced Research in Law and Economics. -2015. -Т. 6. № 2. -С. 291-298.
13. Оценка совокупной стоимости владения жилой недвижимостью в жизненных циклах зданий как перспективный инструмент управления энергоэффективностью. Баронин С.А., Гребенщиков В.С., Янков А.Г. Недвижимость: экономика, управление. 2015. №3. С.36-40.
14. Развитие национальных проектов на основе контрактов на жизненные циклы по объектам капитального строительства. Баронин С.А., Еремкин А.И., Пономарева И.К. Научно-технический журнал «Региональная архитектура и строительство. 2020. №2. С.10-14.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И НАИБОЛЕЕ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУДЕБНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

А.Ю. Бутырин^{1,2}, Е.Б. Статива^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, stroisud@mail.ru

²Федеральное бюджетное учреждение Российской федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, 109028, г. Москва, chubarkinaiy@mgsu.ru

Аннотация

В статье указаны основные направления исследований, осуществляемых в рамках производства судебной строительно-технической экспертизы. Последовательно рассмотрены задачи судебной строительно-технической экспертизы, в основу классификации которых положены виды исследований, проводимых судебным экспертом-строителем. Указанная классификация включает в себя: исследования, направленные на установление наличия (фактического существования) строительного объекта и отдельных его частей; исследования, направленные на определение видов, объемов, качества и стоимости выполненных строительных работ; атрибутивные исследования, цель которых – установление эксплуатационных свойств объектов экспертизы – строительных изделий, материалов и конструкций, функциональных свойств инженерных систем возводимых и эксплуатируемых зданий и сооружений. Отдельно рассмотрены исследования, направленные на установление принадлежности отдельно стоящих зданий к комплексу строительных объектов и преобразовательные исследования, цель которых – установление возможности реального раздела объектов недвижимости между их собственниками при рассмотрении судами споров о праве собственности на эти объекты.

В статье представлена специфические черты стоимостных исследований, направленных на определение рыночной и иной стоимости строительных объектов; продемонстрированы предпосылки, формирующие судебно- и следственно-экспертные ситуации, разрешение которых требует проведения каузальных исследований, целью которых является установление наличия и видов причинной связи между произошедшими на строительной площадке производственными процессами, событиями, явлениями и действиями лиц, ставшими предметом уголовного расследования по делам, связанным с несчастными случаями при выполнении работ в опасных условиях.

Авторы представили результаты детального анализа организационных проблем, возникающих при назначении и производстве судебной строительно-технической экспертизы, и определили наиболее оптимальные пути их решения, принимая во внимание особенности выполнения на практике своих процессуальных обязанностей как следователей и судей – со одной стороны, так и судебных экспертов – с другой стороны. В статье обращено внимание на дистанцированность судейского корпуса от судебно-экспертного сообщества, преодоление которого позволило бы своевременно реагировать на возникающие проблемы их взаимодействия и совместно определять средства и способы гармонизации современного судопроизводства, в котором судебная экспертиза играет важную, а порой – решающую роль в ходе расследования и судебного рассмотрения уголовных, гражданских и административных дел.

ВВЕДЕНИЕ

Экспертные исследования, проводимые в настоящее время в рамках судебной строительно-технической экспертизы (ССТЭ), опираются на положения теории судебной экспертизы и данные специальных дисциплин, относящихся к соответствующим разделам строительства.

Это инженерно-теоретические основы строительства, строительные материалы и изделия из них, архитектура, градостроительство и районная планировка, типология зданий, инженерные сооружения, строительные конструкции, инженерное оборудование зданий и сооружений, производство земляных, строительного-монтажных и отделочных работ, организация строительства, строительные машины и механизмы, архитектурно-строительное проектирование, экономика строительства и оценочная деятельность, техника безопасности и производственная санитария в строительстве и пр.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все то множество задач, которые решаются судебным экспертом-строителем, можно представить с помощью классификации, в основу которой положены виды проводимых исследований.

Представляется, что первой в данной классификации следует рассмотреть задачу, направленную на установление наличия объекта ССТЭ в конкретных условиях, исследуемых экспертом. В тех случаях, когда такая задача поставлена прямо судьей, основной посылкой при проведении исследования может быть обоснованное предположение о наличии тех или иных строительных изделий, конструкций либо их узлов, либо внешних проявлений последствий определенных деструктивных процессов. Также это может быть изложенная в нормативно-правовом акте констатация должного наличия того или иного материального образования – объекта ССТЭ.

В том случае, когда конфликт сторон, переходящий в судебную плоскость и формируя судебную-экспертную ситуацию, концентрируется на несоответствии характеристик объекта строительства условиям договора строительного подряда, перед экспертом-строителем ставятся судом вопросы по определению видов и объемов выполненных работ (объемометрические исследования). Такого рода познавательная деятельность судебного эксперта-строителя реализуется посредством осуществления замеров и расчетов, которые имеют своей целью установление количественных характеристик осуществленного строительства, например объем кирпичной кладки стен и перегородок, площадь оштукатуривания стен помещений и др.

Чаще всего экспертами-строителями исследуются свойства продукции строительной индустрии, но не во всем их многообразии, а лишь имеющие отношению к предмету исследования.

Эксплуатационные свойства характеризуют возможность использования здания, строения или сооружения в соответствии с его функциональным назначением. Законодатель указывает в ч. 6 ст. 753 ГК РФ на право лица, являющегося заказчиком строительства, отказаться от приемки результата работ, если им будут найдены недостатки, делающие невозможным использование строительного объекта в целях, указанных в договоре строительного подряда. а также в случае, если объективно не существует для сторон по договору возможность их устранения (ч. 6 ст. 753 ГК РФ). Эксплуатация строительного объекта – это, в первую очередь, использование его в соответствии с определенной еще на стадии задумки, проектирования, целью. В том случае, когда имеется в виду жилой дом, «правильной» целью его использования будет постоянное проживание людей в нем. Для того, чтобы обеспечить благоприятные и безопасные условия проживания граждан, необходимо поддерживать качественное функционирование всех инженерных систем в условиях бесперебойной их работы, не допускать превышения нормативно допустимого шумового воздействия на жителей, обеспечить достаточную инсоляцию и освещенности в них и пр.

Свойства безопасности становятся предметом экспертной деятельности в том случае, когда необходимо установить возможна ли эксплуатация помещения жилого или производственного назначения без отступлений от его декларируемого функционального назначения.

Другая сторона этих задач – исследование свойств безопасности такого объекта как строительная площадка [1]. Согласно ч. 2 ст. 751 ГК РФ в отношении подрядчика установлен запрет на использование в ходе осуществления работ оборудования, в том случае, когда такие действия могут послужить причиной нарушения обязательных требований к безопасности строительных работ. Задачей эксперта здесь станет установление безопасности эксплуатации таких объектов. С одной стороны, одним из этих свойств является надежность оборудования, однако, с другой стороны, здесь также необходимо учитывать и опасные условия, создающиеся в при функционировании исправных технических средств (машин, механизмов).

При производстве экспертизы сведущее лицо должно исследовать объект, найти, проанализировать, и сформировать оценку его признакам, а также дать итоговое суждение о его свойствах, причем объект может быть оценен экспертом как при наличии, так и при отсутствии искомых признаков.

Следующий вид задач, решаемых экспертом-строителем, направлен на выявление и оценку возможной общности конкретного здания и комплексу строительных объектов, объединенных одним функционалом, например, к производственному комплексу. Другое действие, которое выполняет эксперт-строитель, решая такую задачу, заключается в соотнесении модели существующего здания, и его отображения в документальных источниках, приобщенных к материалам дела. Третье направление – определение единого источника происхождения (производства) исследуемых объектов. Так, например, экспертом может быть установлен единый завод-изготовитель конструкций, изделий и материалов. При решении подобных задач перед экспертом ставятся вопросы следующего рода: «Это ли конкретное здание, строение или сооружение, либо его часть (фрагмент) отображено в проектной документации, на фотографиях (в том числе – аэрофотосъемка, съемка из космоса), схемах, эскизах или чертежах?», «Является ли спорный объект элементом строительного комплекса?».

Перед тем, как эксперт приступит к установлению возможности и разработке вариантов реального раздела жилого дома между сособственниками, ему зачастую необходимо будет решить вопрос о том, как основное строение в домовладении расположено по отношению к постройкам, имеющим не главное, а хозяйственное или бытовое назначение, как местоположение на участке жилого здания соотносится с расположением сетей инженерных коммуникаций, элементов благоустройства и других объектов, находящихся на земельном участке. Далее эксперт измеряет расстояние от этих объектов до границ земельного участка. Такие задачи направлены на определение имеющих значение для дела параметров взаимного расположения объектов ССТЭ и отдельных их фрагментов относительно друг друга. Эксперт, основываясь на данных, полученных при проведении этого вида исследований, приступает к формированию плана спорного домовладения и в дальнейшем разрабатывает варианты его раздела.

В рамках судебно-экспертной ситуации, возникающей по поводу возможности признания постройки самовольной стороны по делу концентрируются на доказывании факта наличия (отсутствия) нарушений градостроительных и строительных норм и правил (ч. 1 ст. 222 ГК РФ). На разрешения эксперта в этом случае суд ставит вопросы, которые рассматриваются им в двух основных аспектах: первый заключается в установлении соответствия нового строительства требованиям противопожарных норм (эксперт здесь проводит замеры от границ спорного строительного объекта до возведенных ранее объектов); во втором случае исследование проводится на предмет соответствия характеристик объекта санитарным нормам (эксперт устанавливает расстояние от спорного здания или сооружения до объектов повышенной бактериологической опасности).

Задачи этого же вида решаются сведущим лицом при воссоздании вещной обстановки случившегося события для того, чтобы в совокупности с результатами исследований другого

вида смоделировать хронологию произошедших преобразований, понять последовательность и взаимосвязь обстоятельств, его обусловивших.

Исследования, связанные с определением стоимости выполненных работ и использованных строительных материалов, строительного объекта в целом либо отдельной его части на практике были и остаются неотъемлемой частью профессиональной деятельности эксперта-строителя [2].

В ходе решения экспертной задачи нередко возникает необходимость установить к какому обособленному множеству (классу, типу, виду) относится то или иное строительное изделие, деталь, конструктивный элемент исследуемого строительного объекта – то есть эксперту здесь необходимо решить задачу, направленную на установление принадлежности объекта на основании определения его свойств и характеристик к официальному (предусмотренному государственным стандартом или иным нормативным документом) множеству объектов, свойства и характеристики которых заранее известны. Например, вид каменной кладки (простая, средней сложности, сложная) повлияет на ее стоимостное выражение; марка бетонного камня, класс арматурных стержней будут иметь значение при решении экспертом вопроса о условиях, обстоятельствах, причинах и механизме возникновения и развития деструкций различного рода в конструкциях здания или сооружения.

Необходимо отметить, что специфика задач, определенных практикой судопроизводства и ставящихся на разрешение судебного эксперта-строителя определяет также и формирование множеств, хотя и не предусмотренных какой-либо нормативно-определенной и установленной в специальном порядке классификацией или типизацией, но являющихся неотъемлемым элементом судебно-экспертной деятельности. Примером здесь может быть класс жилых зданий, в отношении которых возможен реальный раздел между собственниками. Такое множество определяется лишь спецификой ССТЭ, и по объему естественно не превосходит класс жилых домов в целом.

При решении задач, направленных на установление состояния объекта ССТЭ, экспертом-строителем выполняются аналитические поисковые действия, направленные на обнаружение отступлений от требований строительных норм и правил (СНиП), а также поиск и фиксацию внешних проявлений такого рода несоответствий. Анализ признаков (трещинообразование, отклонение осей конструкций от горизонтали и вертикали, иные внешние признаки разрушения) даст эксперту возможность говорить о возникновении и развитии деструктивных процессов в конструкциях исследуемого строения. Если эксперт будет обладать пониманием общих закономерностей, в соответствии с которыми развиваются данные процессы, то он сможет сформулировать вывод прогностического характера, например: «В данных условиях неизбежно разрушение здания».

Достаточно распространены в экспертной практике задачи, направленные на установление наличия и вида причинной связи между отступлениями от требований специальных правил, регламентирующих процессы строительного производства и эксплуатации строительных объектов, и наступившими последствиями, ставшими предметом судебного разбирательства. Так, согласно ч. 5 ст. 720 ГК РФ эксперт-строитель может установить «отсутствие... причинной связи между действующими подрядчиками и обнаруженными недостатками».

В судопроизводстве исследования эксперта-строителя, направленные на установление наличия и вида причинной связи требуются при установлении:

случайного либо иного характера гибели или повреждения объекта строительства (ч. 1 ст. 741 ГК РФ);

наличия (отсутствия) причинной связи между гибелью (повреждением) строительного объекта и недоброкачеством использованного материала, деталей или конструкций либо исполнением подрядчиком ошибочных указаний заказчика (ч. 2 ст. 741 ГК РФ);

возможности (отсутствия таковой) использования определенных строительных материалов без ухудшения качества подлежащих выполнению работ (ч. 2 ст. 745 ГК РФ);

возможности (отсутствия таковой) негативного влияния отступлений от условий договора строительного подряда на качество подлежащих выполнению работ (ч. 2 ст. 748 ГК РФ);

возможности (отсутствия таковой) негативного влияния определенных строительных материалов, результатов исполнения подрядчиком указаний заказчика на окружающую среду (комплексные строительно-экологические и строительно-материаловедческие исследования), а также на безопасность выполнения строительных работ (ч. 2 ст. 351 ГК РФ);

причин превышения сметы на строительство и наличия (отсутствия) причинной связи такого превышения с действиями подрядчика (ч. 3 ст. 744 ГК РФ);

причинной связи между дефектами технической документации и расходами, понесенными в связи с их установлением и устранением (ч. 4 ст. 744 ГК РФ);

причинной связи между ненадлежащими действиями заказчика (подрядчика) и гибелью (повреждением) результатов работ, выполненных на определенном этапе их производства (ч. 3 ст. 753 ГК РФ);

причинной связи между ненадлежащим выполнением проектных, изыскательских работ и недостатками, обнаруженными в ходе строительства, а также эксплуатации объекта, созданного на основе технической документации и данных изыскательских работ (ч. 1 ст. 761 ГК РФ);

причинной связи между приостановлением работ и гибелью (повреждением) объекта строительства (ч. 4 ст. 743 ГК РФ);

причинной связи между строительными работами, эксплуатацией строительного объекта и нанесением вреда либо угрозой нового вреда (ч. 2 ст. 1065 ГК РФ, ч. 1 ст. 1079 ГК РФ, ст. 1100 ГК РФ) и др.

Подобного рода задачи проводятся судебным экспертом-строителем при решении вопросов, возникающих при рассмотрении гражданских споров, предметом которых является право собственности на строительный объект и функционально связанный с ним земельный участок, а также возможностью реального раздела между собственниками данного недвижимого имущества, установление вариантов такого раздела (ст.ст. 252, 254, 258 ГК РФ). Указанные споры часто встречаются в судебной практике. Истец и ответчик в таких делах являются участниками общей (общедолевой) собственности строительный объект или домовладение [3, 4]. Общая собственность на вещь – благодатная почва для возникновения конфликтных ситуаций.

Таким образом, в настоящее время эксперты-строители являются профессиональным сообществом, в распоряжении которого имеются высокоэффективный арсенал теоретических и методических средств для решения практически любой задачи, стоящей перед ними практикой современного судопроизводства. Потребность в использовании специальных строительно-технических знаний постоянно растет. Эта тенденция обусловлена как ростом темпов и масштабов строительства в последние годы, так и увеличением числа случаев травматизма и гибели работников строительных организаций, обрушений строящихся, возведенных и сданных в эксплуатацию зданий и сооружений, часто влекущих за собой как многочисленные человеческие жертвы, так и причинение значительного материального ущерба. Как показывает практика, причинами этого являются преступные злоупотребления должностными полномочиями, халатность, нарушения правил ведения работ в различных отраслях строительной индустрии. Поэтому обеспечение безопасности и надлежащего качества выполняемых строительных работ при возведении и эксплуатации строительных объектов в современных условиях перестает быть внутриотраслевой проблемой, а становится одной из важнейших общегосударственных задач, при решении

которой необходимо рассмотрение не только научно-технического, управленческого и финансово-экономического аспектов, но и правового обеспечения.

В настоящее время существует ряд проблем, связанных с качеством правосудия, сроками судопроизводства, недостаточной информированностью граждан о деятельности судебной системы, неудовлетворительной работой судов, неэффективным исполнением судебных актов, отсутствием необходимых условий для осуществления правосудия и др.

Одной из существенных проблем современных судебных процессов, в рамках которых назначается ССТЭ, являются длительные сроки проведения судебно-экспертных исследований. Формой борьбы с затягиванием сроков является наложение штрафов при нарушении установленных в определении о назначении экспертизы сроков предоставления доказательств. Штраф накладывается на судебных экспертов или экспертные учреждения. Однако, данная мера воздействия оказалась непродуктивной на практике. Оптимизировать срок производства экспертизы может только комплекс конструктивных организационно-правовых решений, разработанных на основе результатов анализа складывающейся судебно-экспертной практики. Весьма затруднительным представляется установление такого срока без помощи сведущего лица.

В специальной литературе отмечается, что «без консультации с экспертом едва ли возможно, даже по аналогии с уже проводившимися подобными экспертизами, установить период времени, который потребуется для проведения экспертного исследования. Значит, реально выполнить требования закона, чтобы суд определил срок, в течение которого должна быть выполнена экспертиза, едва ли возможно» [5]. В одном ряду с этим стоит и нечеткость ответов истца и ответчика на вопрос о полноте необходимых для исследования документов по делу, равно как и проблема проведения в случае необходимости дополнительного экспертного осмотра. Следовательно, представляется весьма затруднительной реализация положений нормы ст. 82 АПК РФ на практике без деятельного участия в обсуждении сведущего лица, которое в последствии получит статус судебного эксперта по делу.

Для того чтобы устранить негативные последствия подобных, складывающихся на практике назначения ССТЭ, ситуаций законодателем были предусмотрены некоторые организационные меры воздействия, нашедшие свое отражение в Постановлении Пленума ВАС «О некоторых вопросах практики применения арбитражными судами законодательства об экспертизе» от 04.04.2014 № 23. Одним из таких организационных механизмов является предписание о направлении писем в адрес экспертного учреждения или судебного эксперта, содержащих запрос о возможности, сроках и стоимости будущей экспертизы, а также (дополнительно для судебно-экспертных учреждений организаций) запрос о тех конкретных кандидатурах экспертов, которым будет поручено проведение исследований. Так, норма, закрепленная в п. 7 указанного Постановления указывает судам на необходимость в своем письме-запросе указывать сведения общего характера, которые дали бы возможность судебному эксперту в первом приближении понять содержание и объем исследования – такой информацией может служить примерный перечень вопросов, а также количество объектов исследования и их ключевые характеристики (кадастровый номер, адрес, площадь и пр.). Этот запрос наделялся статусом выписки из протокола судебного разбирательства.

Такого рода действия нельзя считать действенными в условиях реальной практики производства судебной строительно-технической экспертизы – ведь сведения, представленные в таком объеме, не могут считаться в достаточной мере информативными для потенциального эксперта. Ряд весьма важных аспектов организации проведения будущих действий судебного эксперта-строителя остаются неосвещенными, а некоторые проблемные вопросы не разрешенными. В запросе зачастую уда не указывается информация о том, насколько велик объем той технической документации, которую эксперт должен будет изучить, насколько полно она представлена в деле, в какой мере она систематизирована. Еще одно из важнейших обстоятельств, которые необходимо оговаривать до момента проведения

исследований – не возникнет ли обстоятельств, препятствующих эффективному проведению натурных исследований: безопасно ли нахождение эксперта на объекте, обеспечат ли стороны по делу свободный доступ эксперта на объект, а также возможность непосредственного визуального восприятия «скрытых» работ.

Подобные проблемные ситуации могут быть разрешены только при деятельностном участии специалиста до момента назначения экспертизы. Конечно, для предоставления дополнительных материалов необходимы дополнительные действия, которые увеличат срок судопроизводства, но, в свою очередь, судьи и следователи в силу своей загруженности прикладывают усилия для сокращения времени, отведенного для производства судебной экспертизы³. Как представляется, именно то сведущее лицо, которое участвовало в деле в роли специалиста и оказывало консультационную помощь в судебном процессе, и должно быть назначено судебным экспертом по делу.

В основе данного утверждения лежит принцип непосредственности участия сведущего лица на самых ранних стадиях судопроизводства по делу. Такая позиция суда станет базой для формирования целого ряда мер противодействия возникновению проблемных ситуаций, которые в совокупности определяют длительность производства экспертизы [6].

Необходимо уделить внимание факторам, определяющим качество профессиональных коммуникаций, взаимодействия всех субъектов судебно-экспертной ситуации. Первостепенное значение это имеет при формировании множества исходных данных, которые нужны эксперту для проведения исследований, данный фактор зачастую имеет определяющее значение на длительность экспертизы. Подготовка комплекта материалов дела, необходимого эксперту, будет успешна только в том случае, если правоприменитель и судебный эксперт будут действовать слаженно, сообща.

Объем тех документов (проект, исполнительная документация, договоры и пр.), которые формируют участники строительного производства при осуществлении хозяйственной деятельности, весьма значителен, ведь каждый из этапов жизненного цикла сопровождается документальным отвисанием. Множество документации очень часто не систематизировано и хаотично, что порой делает работу эксперта кропотливой и необоснованно затягивает срок производства экспертизы. Материалы дела должны составлять с определением суда о назначении экспертизы единое целое, формируемое судом и предоставляемое эксперту. Согласно положениям ст. 16 ФЗ о ГСЭД эксперту запрещено самостоятельного собирать материалы для производства экспертизы. Недопустимым является проведение исследований в отношении документов, которые не приобщены в качестве материалов дела, предоставленных эксперту судом. «Лица, участвующие в деле, не вправе предоставлять непосредственно эксперту без участия суда, материалы и документы для производства судебной экспертизы»⁴. Однако практика организации производства экспертизы в настоящее время такова, что судьи нередко уклоняются от работы по приобщению документов к материалам дела, и стараются переложить эту функцию на эксперта. Так, в определении о назначении экспертизы суд иногда прямо указывает: «Обязать стороны по делу представить эксперту всю необходимую документацию по его требованию». Непосредственное предоставление эксперту документов от сторон по делу является неправомерным, так как каждое доказательство в обязательном порядке подлежит всестороннему, полному, объективному и непосредственному исследованию судом (ч. 1 ст. 71 АПК РФ) и оценке по таким критериям, как относимость к делу, допустимость и достоверность (ч. 2 ст. 71 АПК РФ)[7].

³ На это, в частности, указывает пункт 10 Постановления Пленума ВАС РФ 04.04.2014 № 23: «При решении <...> вопроса о предоставлении эксперту дополнительных материалов (ч. 3 ст. 55 АПК РФ), суд должен учитывать сроки, необходимые для предоставления эксперту объектов исследования <...> с тем, чтобы эксперт объективно мог провести необходимые исследования в течение установленного в определении о назначении экспертизы срока проведения экспертизы».

⁴ Пункт 11 Постановления Пленума ВАС РФ от 04.04.2014 № 23.

Описанное столкновение позиций субъектов судопроизводства подлежит разрешению с помощью процедуры приобщения тех или иных документов к материалам дела, определенной законодателем. При возникновении ситуации, в которой такие условия не будут соблюдены, исследуемый объект не может быть признан допустимым доказательством по делу, а вслед за ним подобное свойство теряет и заключение эксперта как итоговый документ, отражающий ход и результаты проведенных исследований. Эти нарушения должны быть устранены судьями и экспертами совместными действиями.

Другая вариация недопустимых действий судей, с которой все чаще сталкиваются эксперты-строители, – направление определения экспертной организации (учреждению) или эксперту без материалов дела с дальнейшим (после заявления экспертом ходатайства о предоставлении материалов дела) уведомлением экспертов о предоставленной им возможности ознакомиться с исследуемыми объектами (документацией) в установленном процессе порядке. То обстоятельство, что документальные материалы дела должны направляться в экспертное учреждение для полного исследования, а не оставаться в суде с предоставлением возможности эксперту ознакомления с ними, как это распространено на практике, должно быть доведено до судей и подобное заблуждение должно быть изжито. Проблемы организационно-процессуального характера, связанных с предоставлением эксперту необходимых ему документальных исходных данных, приводят зачастую к тому, что ставится под сомнение допустимость заключения эксперта в качестве доказательства по делу.

ВЫВОДЫ

Большинство проблем, с которыми сталкиваются и судьи и эксперты в практике назначения и производства ССТЭ имеют в своей основе проблемы коммуникации между этими двумя сообществами. Так, недостаточно развита система информационного обеспечения судейского корпуса сведениями о научном потенциале ССТЭ и, как следствие, о познавательных возможностях этого рода судебной экспертизы, структуре, содержании и трудоемкости судебно-экспертных строительно-технических исследований с учетом их видовых особенностей; при осуществлении судопроизводства задействованы далеко не все научно обоснованные средства повышения эффективности использования специальных знаний в процессе доказывания по делу. Со своей стороны судебные эксперты, как профессиональное сообщество, так же информационно отделены от правоприменителей – не осуществляется систематизация, обобщение, анализ заключений экспертов-строителей с точки зрения их соответствия требованиям законодательства о судебной экспертизе; «судьба» использованных в судебном процессе заключений остается для экспертов неизвестной, статистика по принятым судебным решениям на основе представленных в качестве доказательства заключений экспертов не ведется.

Несмотря на высокие потребности судопроизводства в ССТЭ, и в целом широкого распространения этого направления познавательной деятельности, характер взаимодействия судейского корпуса и экспертного сообщества остается весьма консервативным. Механизм взаимодействия между ними не разработан в теории судебной экспертизы: субъекты взаимодействия остаются изолированными друг от друга, тогда как для изучения и разрешения организационных проблем необходимо эффективное сотрудничество сторон, осуществляемое на постоянной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фоменко А.Е. Оценка достоверности заключения судебного эксперта при расследовании нарушений правил безопасности строительных работ. Теория и практика судебной экспертизы. 2019; 14(2). С. 16-23.
2. Бутырин А.Ю., Круглякова В.М., Шипилова И.А. Использование публичных данных в судебных экспертизах по определению стоимости объектов недвижимости: проблемы, ограничения, возможности. Теория и практика судебной экспертизы. 2019;14(1). С. 24-29.

3. Определение технической возможности и разработка вариантов преобразования жилого дома как элемента домовладения в соответствии с условиями, заданными судом: метод. Рекомендации для экспертов / Бутырин А.Ю., Граббе Т.А.; Хишева О.И. и др. // Сборник методических рекомендаций по производству судебных строительно-технических экспертиз. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2012;
4. Бутырин А.Ю., Граббе Т.А., Соколов Ю.Б., Статива Е.Б., Хишева О.И. Определение технической возможности и разработка вариантов преобразования административных и складских зданий в соответствии с условиями, заданными судом. В сб.: Методические рекомендации по проведению стоимостных и преобразовательных исследований при производстве судебных строительно-технических экспертиз. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2016.
5. Духно Н.А., Корухов Ю.Г., Михайлов В.А. Судебная экспертиза по новому законодательству России (в уголовном, гражданском, арбитражном, административном процессах). М., 2003. С. 344.
6. Бутырин А.Ю., Статива Е.Б. Организационно-правовое регулирование назначения судебной строительно-технической экспертизы и первоначальных этапов ее производства в арбитражном процессе. Теория и практика судебной экспертизы. 2014;(3(35)). С. 49-59.
7. Бутырин А.Ю. Теория и практика судебной строительно-технической экспертизы. М., 2006. С. 307.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ КОМАНДЫ ДЕВЕЛОПЕРСКОГО ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ РМВОК

В.В. Глазкова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, GlazkovaVV@mgsu.ru

Аннотация

На современном этапе существования инвестиционно-строительной деятельности девелоперский проект стоит рассматривать как основу ее развития. Поскольку реализация девелоперского проекта представляет собой результат коллективного труда команды проекта, то возникает необходимость в разработке системы мотивации команды девелоперского проекта, которая будет способствовать нацеленности на результат всей команды проекта, и в тоже время, удовлетворять интересы каждого ее члена.

В основу разработки системы мотивации команды девелоперского проекта предлагается заложить методологию Свода знаний по управлению проектами (Project Management Body Of Knowledge, далее РМВОК) и определить инструменты мотивации команды девелоперского проекта в зависимости от стадии управления проектом: стадии инициации, планирования, реализации, мониторинга и контроля, а также закрытия. Команда девелоперского проекта участвует в создании продукта на всех стадиях управления проектом. Следовательно, система мотивации команды девелоперского проекта должна быть выстроена таким образом, чтобы она работала на каждой стадии проекта, учитывая при этом особенность самой стадии управления, а также специфику и степень вовлеченности участника команды девелоперского проекта. Кроме того, каждая стадия управления проектом, в соответствии с принципами РМВОК, имеет определённые цели, которые, в свою очередь, определяют цели системы мотивации, необходимой к применению на данной стадии. От этого зависит выбор вида и инструментов мотивации команды девелоперского проекта.

Отличительной особенностью девелоперского проекта является также высокая значимость конечного результата проекта, наличие определенного срока для разных стадий проекта, а также необходимость привлечения разных людей различной квалификации, опыта и профессии для выполнения отдельных стадий проекта. Данные особенности также накладывают отпечаток на процесс формирования системы мотивации команды девелоперского проекта и выбора методов и инструментов мотивации персонала для использования, в состав которых необходимо включать как методы материального, так и нематериального характера.

ВВЕДЕНИЕ

Динамичное развитие рынка девелопмента в нашей стране диктует строительным компаниям новые правила организации своей деятельности. В частности, ряд компаний считает для себя привлекательным применять принципы проектного управления. Однако не всегда данный подход в деятельности компаний позволяет достичь поставленных целей и эффективно использовать ресурсы. Связано это, в первую очередь с тем, что в современных компаниях часто недостаточно хорошо организован процесс управления персоналом проекта, то есть командой проекта, особенно в части создания и реализации системы мотивации труда [2]. Следовательно, для тех компаний, которые выбирают для себя проектное управление, возникает необходимость в разработке, формировании и внедрении системы мотивации команды девелоперского проекта [1]. В этом вопросе целесообразно обратиться к получившему широкое распространение во всем мире Своду знаний по управлению проектами (Project Management Body Of Knowledge, далее РМВОК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В общем виде процесс управления проектом в соответствии с принципами РМВОК выглядит следующим образом (рисунок 1):

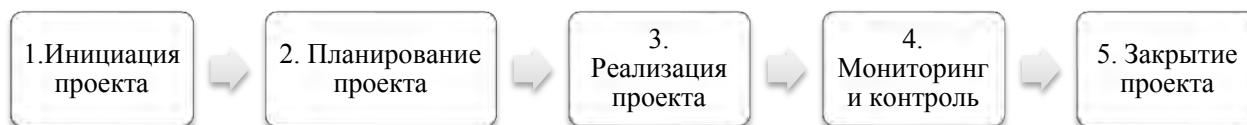


Рис.1. Этапы управления проектом в соответствии с концепцией РМВОК

Стадия инициации проекта включает, как правило, разработку устава проекта, в котором определяются заинтересованные стороны и их цели. Стадия планирования, в соответствии с принципами, заложенными в концепцию РМВОК, включает процессы по управлению содержанием и расписанием проекта, по управлению стоимостью проекта, также вопросы, связанные с составлением бюджета проекта, определением объема необходимых ресурсов. Кроме того, стадия планирования в обязательном порядке включает управление рисками проекта, управление закупками, стейкхолдерами, а также управление коммуникациями проекта. Все перечисленные для стадии планирования процессы актуальны и для стадии реализации проекта со смещением акцента с планирования деятельности на ее непосредственную реализацию. К процессам мониторинга и контроля концепция РМВОК относит процесс управления изменениями, контроль за содержанием и расписанием проекта, оценку отклонений по стоимости и ресурсам, запланированным для реализации проекта, а также мониторинг рисков, коммуникаций и контроль за закупочной деятельностью. На стадии закрытия проекта осуществляются мероприятия по документальному оформлению завершения операций, фаз, проекта [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Команда девелоперского проекта работает на всех представленных пяти стадиях проекта, начиная с базовой разработки концепции на стадии инициации, заканчивая подписанием необходимых документов и сдачи проекта на стадии завершения. Концепция РМВОК в связи с этим закрепляет положение, что «работа команды проекта является критически важным фактором успеха проекта» [4].

Безусловно, не все участники девелоперского проекта в одинаковой степени вовлечены во все пять стадий проекта: кто-то принимает участие в проекте в течение одной-двух стадий (например, рабочие, осуществляющие свою деятельность только на стадии исполнения), а кто-то из команды сопровождает реализацию проекта на всех пяти стадиях (например, руководитель проекта). Но это не снижает ответственность и степень вовлеченности различных участников команды проекта, что, несомненно, должно быть учтено при формировании системы мотивации для команды девелоперского проекта. Рассмотрим типовую структуру команды девелоперского проекта, которая, в укрупненном виде, включает в себя руководителя проекта, проектировщика и сметчика, ИТР, рабочих, финансиста и специалиста службы снабжения. Представим постадийное формирование команды девелоперского проекта (таблица 1):

Таблица 1. Матрица распределения потребности участников команды девелоперского проекта в зависимости от стадии управления проектом

Участник команды девелоперского проекта	Стадии проекта в соответствии с принципами PMBOK				
	Инициация	Планирование	Исполнение	Мониторинг	Завершение
Руководитель проекта					
Проектировщик					
Сметчик					
Инженерно-технические работники					
Рабочие					
Финансист					
Специалист службы снабжения					

Очевидно, что в связи с разной потребностью в участниках девелоперского проекта на стадиях проекта, система мотивации команды проекта должна формироваться соответствующим образом: с учетом целей мотивации на разных стадиях, а, следовательно, и применением различных методов и инструментов мотивации [3].

С учетом матрицы распределения потребности участников команды девелоперского проекта, в зависимости от стадии управления проектом (таблица 1), а также особенностей содержания соответствующей стадии проекта, возможно сформировать систему применяемых мотивационных методов и инструментов для участника команды девелоперского проекта на отдельной стадии. Условно применяемые методы мотивации сгруппируем следующим образом (рисунок 2):

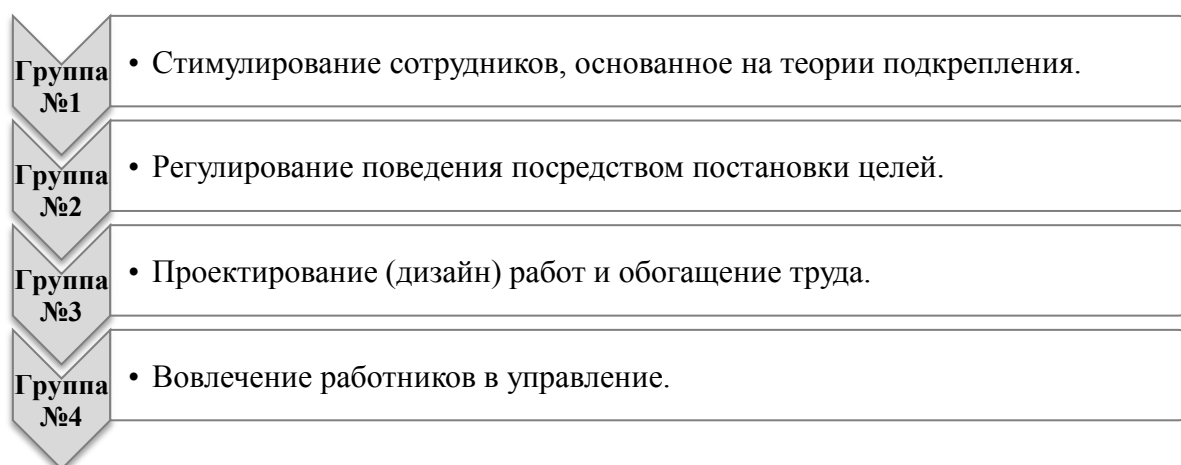


Рис.2. Группы методов мотивации, применяемые при формировании системы мотивации команды девелоперского проекта [5,6]

В соответствии с представленными группами методов мотивации, выделим следующие инструменты системы мотивации для команды девелоперского проекта (таблица 2):

Таблица 2. Инструменты, применяемые при формировании системы мотивации команды девелоперского проекта [7]

№	Наименование инструмента мотивации
1.	Мотиватор престижности труда.
2.	Мотиватор возможности роста.
3.	Мотиватора признания заслуг и профессиональных навыков.
4.	Мотиватор уважения.
5.	Мотиватор самосовершенствования.
6.	Мотиватор самореализации.
7.	Материальное поощрение в зависимости от выполнения плановых показателей.
8.	Мотиватор использования автономии и возможности самостоятельно принимать решения в своей деятельности.
9.	Мотиватор возникновения возможности ощущения принадлежности к кругу лиц имеющих дополнительные полномочия и привилегии.
10.	Мотиватор самореализации как генератора и исполнителя собственных идей по улучшению производства работ.

На основании данных рисунка 2 о возможных к применению для команды девелоперского проекта методов мотивации, а также представленных в таблице 2 инструментах мотивации, сгруппируем их для применения на разных стадиях девелоперского проекта в соответствии с потребностями в участниках команды проекта для каждой стадии (таблица 3):

Таблица 3. Методы и инструменты, применяемые при формировании системы мотивации команды девелоперского проекта на основе принципов РМВОК

Участник команды проекта	Группа методов мотивации (в соответствии с рис. 2)	Инструмент мотивации (в соответствии с табл.2)
1	2	3
Стадия инициации		
<i>Руководитель проекта</i>	№2	№1,2,3,4
<i>Проектировщик</i>		№2,5,6
Стадия планирования		
<i>Руководитель проекта</i>	№1,2	№1,2,3,4,7
<i>Проектировщик</i>	№1,3	№2,3,4,7,8
<i>Финансист</i>	№1,3,4	№2,3,4,7,8,9
<i>Инженерно-технический работник</i>		
<i>Специалист службы снабжения</i>	№1,4	№3,4,7
<i>Сметчик</i>		
Стадия реализации		
<i>Руководитель проекта</i>	№1,2,3	№1,2,3,4,7,8
<i>Проектировщик</i>	№1,3	№2,3,4,7,8
<i>Инженерно-технический работник</i>	№1,3,4	№2,3,4,7,8,9
<i>Финансист</i>		
<i>Сметчик</i>	№1,4	№3,4,7
<i>Специалист службы снабжения</i>	№1,2,4	
<i>Рабочий</i>	№1,4	№3,4,7,10
Стадия мониторинга и контроля		
<i>Руководитель проекта</i>	№1,2	№1,2,3,4,7

<i>Проектировщик</i>	№1,2,3	№2,3,4,7,8
1	2	3
<i>Инженерно-технический работник</i>	№1,3,4	№2,3,4,7,8,9
<i>Сметчик</i>		
<i>Финансист</i>		
<i>Специалист службы снабжения</i>	№1,2,4	№2,3,4,7,8,10
Стадия завершения		
<i>Руководитель проекта</i>	№1,2	№1,2,3,4,7
<i>Инженерно-технический работник</i>	№1,3,4	№2,3,4,7,8,9
<i>Сметчик</i>		
<i>Финансист</i>	№1	№1,2,3,4,7
<i>Специалист службы снабжения</i>		
<i>Проектировщик</i>		

ВЫВОДЫ

Таким образом, представлен инструментарий, который можно использовать для формирования системы мотивации команды девелоперского проекта. Кроме предложенных методов и инструментов мотивации, выбор которых целесообразно осуществлять в зависимости от стадии проекта и вовлеченных на соответствующей стадии участников команды девелоперского проекта, в качестве перспектив разработки данной темы стоит выделить направление по формированию показателей оценки эффективности работы каждого участника команды проекта в зависимости от стадии реализации девелоперского проекта, и способов определения этих показателей.

Решив вопрос о практическом внедрении сформированной по предложенным в статье принципам системы мотивации команды девелоперского проекта, возможно добиться роста производительности труда участников команды, снижения рисков по проекту, в частности, снижения вероятности срыва сроков сдачи проекта и невыполнения запланированных финансовых показателей девелоперского проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедова В.Е. Особенности управления персоналом при организации проектного управления // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5. Ч. 2. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34304>. Дата обращения: 04.10.20.
2. Пряжников Н.С. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности. — Москва: Юрайт, 2019. — 365с.
3. Романенко М.А. Отличия управления человеческими ресурсами проекта от классического управления персоналом организаций // Вестник СИБИТа. 2016. №2 (18). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otlichiya-upravleniya-chelovecheskimi-resursami-proekta-ot-klassicheskogo-upravleniya-personalom-organizatsiy>. Дата обращения: 04.10.20.
4. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВО), 6 изд. (2017) / Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). — Sixth edition. — Newtown Square, PA., 2017.
5. Сотникова С.И. Управление персоналом организации: современные технологии. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 513 с.
6. Столяренко О.В., Онищук Л.А. Назначение системы мотивации персонала предприятия и принципы ее формирования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. №3. Режим доступа: <https://e-koncept.ru>. Дата обращения: 04.10.20.
7. Хохлова Е.Д. Современные подходы к мотивации персонала организации // Молодой ученый. 2019. № 46 (284). С. 364-366.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕКОНСТРУКЦИИ, МОДЕРНИЗАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА, РЕАЛИЗОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕЛЕВЫХ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ В АРБИТРАЖНОМ СУДОПРОИЗВОДСТВЕ

К.П. Грабовый

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, onib@mail.ru

Аннотация

Целью данного исследования является анализ особенностей проведения строительно-технической объектов строительства с использованием целевых бюджетных средств в арбитражном судопроизводстве. В статье рассматриваются особенности назначения судебной строительно-технической экспертизы в делах связанных с использованием бюджетных средств при выполнении строительных и ремонтных работ.

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

По фактам правонарушений в сфере капитального строительства с привлечением бюджетных средств в большинстве случаев назначаются судебные строительно-технические экспертизы, на решение которых относятся, ориентировочно, следующие вопросы:

- какова общая стоимость строительства (реконструкции, расширения, ремонта) на период;
- какова стоимость строительно-монтажных работ, использованных строительных материалов и эксплуатации машин и механизмов по строительству (реконструкции, расширения, ремонта) на период;
- соответствуют ли фактические объекты и стоимости выполненных строительных работ данным проектно-сметной документации и данным актов выполненных работ
- правильно применены единичные расценки при составлении сметы или актов выполненных работ по определению стоимости строительства (указать адрес)
- правильно применены действующие нормы на списание строительных материалов в технических отчетах и др. вопрос.

Общим предметом судебных экспертиз в этих вопросах является проверка правильности составления документации с целью выявления нарушений, которые привели к завышению объемов и стоимости выполненных работ при использовании бюджетных средств. Существует проблема разграничения компетенции судебно-экспертных учреждений и контролирующих органов в области градостроительной деятельности.

Объектами исследования таких экспертиз является здания, сооружения, их части, конструкции, отдельные работы, сметная, исполнительная и отчетная документация. Проблемной является распространенная в последнее время практика назначения судебных экспертиз указанного подвида по крупным и сложным объектам в целом - без выделения инициаторами проблемных моментов, которые могли бы подлежать проверке.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Материалы дела часто не содержат каких-либо материалов проверок специализированных организаций, контролирующих органов или специалистов, отсутствуют конкретные замечания, несогласия заинтересованных лиц и разногласия.

В ряде случаев в постановлениях следователей вообще отсутствует мотивация назначения экспертизы. Современные строительные объекты представляют собой совокупность сложных конструкций и систем инженерного оборудования, исследование

которых часто не нужно, а в ряде случаев невозможно без создания комиссии экспертов с привлечением сторонних специалистов узкого профиля.

Учитывая ограниченный штат сотрудников подразделений судебно-экспертных учреждений и специфику их деятельности, осуществление таких исследований слишком трудное, трудоемкое, приводит к большим срокам проведения экспертиз, излишней переписке и, как следствие - ухудшение статистики экспертной деятельности подразделений строительно-технической экспертизы. Кроме того, проведение таких исследований в большинстве случаев неоправданно с точки зрения, как экспертной, так и следственной практики.

Выполнение предварительных исследований по объектам в целом, которые в дальнейшем возлагаются экспертом в качестве исходных данных для выполнения экспертизы, может и должно быть осуществлено силами сторонних специалистов и организаций, контролирующих органов в области строительства, что, кстати, характерно для их основной деятельности.

Среди возложенных на Государственную аудиторскую службу основных задач и функций являются:

- осуществление контроля за целевым, эффективным использованием и сохранностью государственных финансовых ресурсов;
- проведение оценки достоверности финансовой отчетности подконтрольных учреждений, которыми являются, в том числе и строительные подрядные организации;
- проверка во время государственного контроля денежных и бухгалтерских документов, отчетов, смет и других документов, подтверждающих поступление и расходования средств и материальных ценностей. По результатам проверки составляются акты проверок (комплексных, выборочных), справки.

В случае установления нарушения законодательства, за которое предусмотрена уголовная (административную) ответственность или которые содержат признаки коррупционных деяний, Государственная аудиторская служба (ее межрегиональные территориальные органы) передает в установленном порядке правоохранительным органам материалы по результатам государственного контроля в случае установления нарушений.

Важным контролирующим органом за соблюдением заказчиками, проектировщиками, подрядчиками и экспертными организациями требований законодательства в сфере градостроительной деятельности, строительных норм, стандартов и правил при выполнении подготовительных и строительных работ в сфере градостроительной деятельности также

Государственная архитектурно-строительная инспекция, отдельные функции контроля которой сходны с соответствующими функциями Государственной аудиторской службы. Инспекция Государственной архитектурно-строительной инспекции по результатам проверки выдает предписания и акты проверок, протоколы о совершении правонарушений и др.

Справки проверок, акты, предписания, протоколы указанных контролирующих организаций важны исходными данными для дачи заключения судебной строительно-технической экспертизы, максимально сужают объем экспертного исследования, исключают лишние исследования, поскольку касаются конкретных замечаний и разногласий.

В связи с изложенным, представляется целесообразным рекомендовать инициаторам - лицам, назначают судебные строительно-технические экспертизы по делам о правонарушениях в сфере капитального строительства, более тщательно готовить материалы на экспертизу, предварительно привлекать специалистов сторонних организаций, контролирующие органы с целью оптимизации экспертной и следственной практики. Повышение эффективности РСР может быть обеспечено путем моделирования.

Построение организационно-технологических моделей позволяет решить противоречия, которые возникают при оценке качества строительных технологий, своевременности выполнения необходимого комплекса строительно-монтажных работ,

условий инвесторов относительно сметы, кризисных явлений в экономике, которые приводят к неопределенности и риску. Именно поэтому осуществляется поиск новых путей решения задачи подготовки и внедрения проектов, а именно: разработка и модификация моделей к условиям неопределенности и риска, улучшение и адаптация методов оценки объема данных.

Для обеспечения эффективной подготовки в условиях неопределенности предлагается трехуровневая организационно-технологическая модель, которая состоит из модели многокритериального формирования технико-экономических параметров для строительства, имитационной модели подготовки строительства избегание риска и сетевой организационной модели. Трехуровневую модель используют девелоперские компании при альтернативном моделировании и оценке. Концепция такой трехуровневой модели изображена на рис.1.

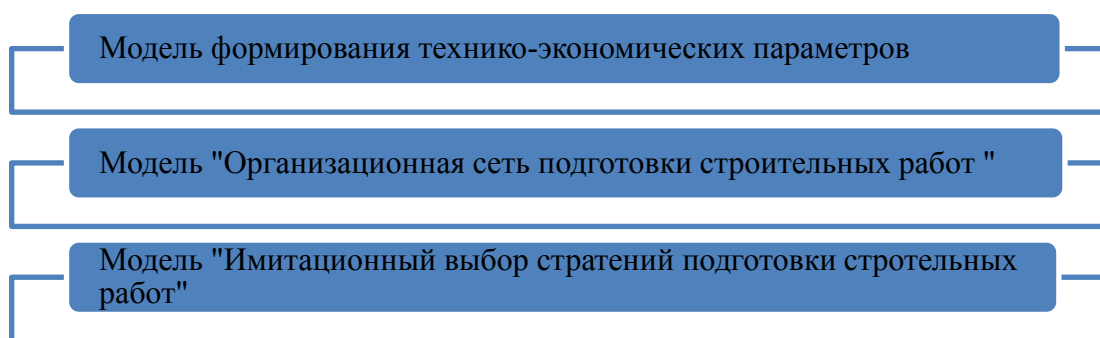


Рис. 1. Составляющие обобщенной трехуровневой организационно-технологической модели подготовки строительных работ

III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На первом уровне организационно-технологической подготовки в девелоперском моделировании согласно рис. 2.5 необходимо реализовать формирование технико-экономических параметров. Результаты решения задачи будут использованы при формировании общей модели на этапе организационно-технологической подготовки.

На втором уровне организационно-технологического моделирования рассматривается сетевая модель, которую будем называть «Организационная сеть подготовки строительства». Эта сеть используется для формирования стратегий подготовки строительства или поиска рациональных путей на календарном сетевом графике путем имитационного моделирования. Сетевая организационная модель определяет следующие составляющие:

1. Усовершенствованный перечень всех работ, которые формируются на начальном этапе. Сюда можно отнести: документальное подтверждение пожеланий заказчика, составляющие организационно-технологической подготовки к строительству, реализацию мер по начала возведения здания или сооружения в соответствии с пожеланиями заказчика с учетом инженерной, организационной и технологической подготовки.

2. Формирование графически сетевой модели, размещает комплекс работ таким образом, чтобы учитывались связи всех участников строительного производства (инвестора, заказчика, генподрядчика), с учетом их возможных действий и границ ответственности, а также общими принципами функционирования и принципами деятельности девелоперской строительной организации.

3. Модель обладает способностью формировать модифицированный перечень параметров в конструкции графа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов В.О. Аварии и мониторинг. Методическое пособие для проектировщиков и строителей / Владлен Ованесович Алмазов. - М.: МГСУ, 2008. - 31 с.
2. Барабаш М.С. Обеспечение конструктивной безопасности при проектировании высотных зданий с использованием ПК ЛИРА-САПР / М. С. Барабаш, М. А. Ромашкина // Перспективы развития программных комплексов для расчета несущих систем зданий и сооружений // Сб. науч. тр. Международного научного семинара 19-20 сентября 2013 г. - Курск, 2013. - С. 73-83.
3. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях: [научное издание]/ В. И.Колчунов, Н. В.Клюева, Н. Б. Андросова, А. С. Бухтиярова. - М.:Издательство АСВ, 2014.-208 с.
4. Основы проектирования, строительства, эксплуатации зданий и сооружений: учебное пособие / под ред. С.Б. Сборщикова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2015. 492 с.
5. Сиразетдинов Р.М. Экспертиза и управление недвижимостью: подготовка конкурентоспособных специалистов в современных экономических условиях // Российское предпринимательство, 2015. - Т. 16. - № 19. - С. 3303-3310
6. Трухина Н.И., Трухин Ю.Г., Калабухов Г.А. Обзор теоретических подходов к созданию доступного и энергоэффективного жилья на основе показателей совокупной стоимости владения недвижимостью // Недвижимость: экономика, управление, 2015. - № 4. - С. 60-64
7. Чижкова Я.А., Мальцев А.В. Актуальность проведения регулярного мониторинга эксплуатируемых жилых зданий // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2016. - С. 215-219

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ЖИЛИЩНЫХ ЗАСТРОЙЩИКОВ НА РЫНКЕ МАЛОЭТАЖНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

П.Г. Грабовый

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Национальный проект «Жильё и городская среда» не может быть реализован без пересмотра социального стандарта жилища, который должен быть установлен в размере не менее 40 квадратных метров общей площади жилого помещения на одного человека. Достижение характеристик жилищного строительства, удовлетворяющего этому стандарту, невозможно при сохранении существующего тренда на дальнейшее развитие массового многоэтажного многоквартирного строительства в границах существующих городов.

Урбанизация, сопровождаемая многоэтажным строительством, несмотря на то, что она стала одной из ключевых негативных проблем XXI века во всем мире, продолжает оставаться главным направлением современного градостроительного развития страны: практически всё новое индустриальное жилищное строительство в стране выполняется в виде многоквартирных многоэтажных домов.

Многоэтажная застройка характеризуется интенсивным использованием территорий жилых образований, большой скученностью населения и высокой концентрацией социальных, экологических и транспортных проблем.

Последние 25 лет на рынке жилищного строительства России действуют только два института застройщиков – государственные и частные. Причем под частными застройщиками мы будем понимать только коммерческих застройщиков – юридических лиц. Граждане, строящие себе индивидуальные дома, также формально являются частными застройщиками и по данным статистики вводят ежегодно почти столько же жилья в квадратных метрах, как и все так называемые индустриальные застройщики. Но строят они жильё в основном в пригородах и в сельской местности, а в городах, где в нашей стране уже проживает 75% населения, жилые дома возводят в основном с применением индустриальных технологий за счет бюджетных средств и за счет средств частного бизнеса.

Третий организационный институт жилищных застройщиков – некоммерческие застройщики (добровольный сектор в жилищном строительстве) – у нас практически отсутствует. Во всех европейских и североамериканских странах некоммерческие застройщики играют важную роль в обеспечении населения доступным жильем.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня проблема создания добровольного сектора некоммерческих жилищных застройщиков является весьма актуальной. К ним можно отнести, прежде всего, жилищные накопительные кооперативы. Сейчас наиболее часто можно встретить информацию о трех из них: жилищные, жилищно-строительные и жилищно-накопительные. Жилищный кооператив является добровольной некоммерческой организацией, которая помогает своим членам приобрести недвижимость за счет их собственных средств. Таким образом, данный вид некоммерческих организаций, по сути, может являться альтернативой ипотечному кредитованию, что особенно актуально с учетом нынешней нестабильной ситуации в мире[1]. Наибольший интерес автора, в данном случае, вызывает жилищно-строительный кооператив, поскольку он организовывается с целью реализации конкретного инвестиционно-строительного проекта, а два других жилищный и жилищно-накопительный с целью покупки уже сданного в эксплуатацию дома, члены же жилищно-накопительного кооператива могут купить квартиры в разных домах[2]. Добровольный сектор является

одним из основных источников получения социального жилья для больших групп населения, которые не могли бы получить его никаким иным путем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках приведенного исследования автором проведен анализ действующих нормативно-правовых актов, выявлены проблемы внедрения некоммерческих жилищных застройщиков, что позволило сделать выводы о конкретных шагах для решения задачи увеличения объемов малоэтажного строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Деятельность жилищно-строительного кооператива регулируется Жилищным Кодексом Российской Федерации, а точнее разделом 5 и Федеральным законом №215-ФЗ от 30 декабря 2014 года «О жилищных накопительных кооперативах». Существенной проблемой является то, что в законодательстве речь идет о создании некоммерческой организации для строительства или покупки жилья в многоквартирном доме. Таким образом, выбрасывается существенный сегмент рынка недвижимости, актуальность покупки которого постепенно растет.

Правительством РФ поставлена задача увеличение объёма жилищного строительства в ближайшие четыре года не менее, чем до ста двадцати миллионов квадратных метров в год. Достижение поставленных показателей невозможно без активного развития сегмента малоэтажного индивидуального строительства. Для этого необходимо, чтобы активность представленного сегмента возросла на 18-25%. В прошлом году население построило себе жильё общей площадью 38,4 млн м², что составило 44,9 процентов от всего ввода жилья по стране. Динамика ввода в действие жилых домов, построенных населением за счет собственных и привлеченных средств в период с 2016 по 2019 гг. представлена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика ввода в действие жилых домов, построенных населением за счет собственных и привлеченных средств

	2016	2017	2018	2019
Общая площадь жилых помещений, млн.м ²	31,8	33,0	32,4	36,4
В % к предыдущему году	90,3	103,8	98,2	108
Удельный вес в общей площади введенного жилья, %	39,6	41,6	42,9	44,9

ВЫВОДЫ

Задача Правительства РФ – активизировать развитие путем изменения политики землепользования и развитие новых моделей градостроительства.

На данном этапе реализации национального проекта необходимо добиться реализации следующих задач[3-7]:

- пространственное планирование как составная часть системы стратегического планирования должно быть определено ведущим и управляющим средством развития новых качеств территориального и градостроительного планирования. Градостроительное землепользование – ключевой инструмент новой политики реализации национальных целей и проектов;

- на территориях комплексной городской застройки России необходимо в предстоящее десятилетие довести наличие жилищного фонда до 4,5 – 4,6 млрд. кв. метров. В настоящее время он составляет 3,6 млрд. кв. метров, включая аварийный и ветхий фонды, которые в сумме занимают около 3,5 млн. га в составе 5,2 млн. га земель под зданиями и сооружениями

на территориях населённых пунктов. Для размещения 1,2 – 1,3 миллиардов квадратных метров нового жилищного фонда (с учётом восполнения выбытия) потребуется около 1 миллиона гектаров новых территорий с учётом размещения части новой застройки на местах сносимой;

- в целом площадь территорий населённых пунктов должна быть увеличена до примерно 21 – 22 млн. га от 20,5 млн. га сегодня, то есть с 1,2% до 1,25 – 1,3% территории страны. Выход на новые территории, прежде всего земли сельских поселений на территориях агломераций, малых городов и сел потребуют дальнейшего роста объёмов малоэтажных многоквартирных домов и ИЖС;

- основным инструментом развития должно стать высокотехнологичное индивидуальное и малоэтажное жилищное строительство при поддержке промышленности местных строительных материалов, индустрии деревянного домостроения. Опережающее развитие индивидуального и малоэтажного жилищного строительства будет основано на развитии передовых технологий проектирования и строительства, массового малого и среднего предпринимательства;

- главным условием роста являются переработанная земельная и градостроительная политика подготовки территорий развития, направляемая стратегиями социально-экономического и пространственного их разделов. Стратегическое, земельное и градостроительное законодательство должны обеспечить эти стратегии своими инструментами.

Для реализации предложенных мер необходимо внести изменения и дополнения в следующие федеральные законы:

а) в Жилищный, Гражданский и Градостроительный кодексы Российской Федерации и иные законодательные акты Российской Федерации, предусматривающие:

- обеспечение возможности объединения граждан для совместного некоммерческого строительства малоэтажных многоквартирных, блокированных и индивидуальных жилых домов (создания жилищно-строительных кооперативов для строительства и последующего содержания комплекса (совокупности) жилых домов),

- установление норм по управлению посёлками малоэтажной застройки и содержанию общего имущества таких поселков;

б) в Гражданский и Земельный кодексы Российской Федерации, предусматривающие уточнение условий изъятия неиспользуемого по целевому назначению земельного участка (в части определения критериев и сроков неиспользования), нечёткость которых в настоящее время не позволяет применять ни указанную норму, ни норму, устанавливающую административную ответственность за неиспользование участка, предназначенного для жилищного или иного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилищный кооператив: как это работает и кому это выгодно? // Режим доступа: <https://www.cian.ru/novosti-zhilischnyj-kooperativ-kak-eto-rabotaet-i-komu-eto-vygodno-225878/> Дата обращения: 14.10.2020
2. Смирнова Т. Как я купила квартиру через жилищный кооператив // Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/installment-sale/> Дата обращения: 14.10.2020
3. Пушкина А.В. Жилищно-строительный кооператив как разновидность потребительского кооператива // Приложение к журналу «Предпринимательское право». №3, 2013, с. 24-27
4. Алексикова Е.Ю. Проблемы правового регулирования наследования жилых помещений в домах жилищных и жилищно-строительных кооперативов // В сборнике: Гражданско-правовое регулирование общественных отношений в современной России. Сборник научных статей и докладов VI Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.Л. Цыбакова. 2017. С. 145-149.
5. Балановский А.А. Государственный патронаж жилищно-строительных кооперативов // Семейное и жилищное право. 2017. № 5. С. 29-33.
6. Шавырина О.В. О некоторых вопросах совершенствования порядка создания жилищно-строительных кооперативов // Право.by. 2018. № 1 (51). С. 42-47.
7. Колоколова Е.О. Отдельные проблемы правового статуса жилищных и жилищно-строительных кооперативов // Современное общество и власть. 2015. № 2 (4). С. 64-67.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

К.В. Ефимов¹, О.А. Куракова²

¹ООО «СпецСервисМонтаж», 109544, Москва, улица Рабочая, д.91, стр.4,
mail@zelstroika.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
KurakovaOA@mgsu.ru

Аннотация

Современное экономическое развитие общества предполагает поиск новых форм и моделей развития бизнеса. Исключением не является и строительная отрасль. В качестве источника резервов для развития инвестиционно-строительных проектов следует рассматривать новые формы организации бизнеса. Основным драйвером роста сегмента можно назвать смену парадигмы в обществе, изменения восприятия мира, в частности отказ от единоличного владения какими-либо предметам, в пользу использования более качественных вещей, но уже на правах аренды. Совершенствование инструментов и форм организации производства особенно актуально в рамках всемирной пандемии и вводимыми ограничениями на перемещения граждан. К наиболее известным на сегодняшний день альтернативным бизнес-моделям можно отнести коворкинг. Данная бизнес-модель предполагает аренду отдельного рабочего места, оснащенного всем необходимым оборудованием, что в конечном счете может стать резервом для экономии эксплуатационных затрат девелопера. Цены в коворкингах в основном зависят от расположения, поскольку качество помещений примерно сопоставимое с офисами класса А. Для России данная форма организации бизнеса особо актуальна, поскольку даже на сегодняшний день существует дефицит современных рабочих мест. В России основными инвесторами в сегменте выступают российские девелоперы и крупные международные сети. Растущая конкуренция едва ли приведет к снижению цен на услуги коворкингов. Сейчас расценки на одно рабочее место ниже, чем в офисе, с хорошей транспортной доступностью и современным ремонтом. Безусловно данная модель организации бизнеса также имеет свои недостатки, устранение, которых в разрезе реализации ИСП предполагается рассмотреть и минимизировать. Еще одной альтернативной формой развития бизнес модели в строительстве является коливинг, который предполагает не модернизацию организации бизнеса, а изменение формы организации жилого пространства, что в конечном счете должно привести к изменениям организации бизнеса в строительной отрасли. Достоинства и недостатки других бизнес-моделей, связанных с трансформацией существующих подходов к организации бизнеса, а в частности реализации инвестиционно-строительных проектов будут отражены в работе.

Ключевые слова: инвестиционно-строительные проекты, офисная недвижимость, коворкинг, коливинг, кохаузинг.

За последние десять лет на рынке офисной недвижимости произошли колоссальные изменения, большое количество начинающих предпринимателей, а также преуспевающие компании, уже не хотят арендовать офисные помещения, а отдают свое предпочтение работе на дому или внешнему совместительству с удаленной работой. К таким компаниям чаще всего относятся небольшие фирмы, начинающие предприниматели, творческие мастерские и организации из IT сферы. Такие компании считают, что их сотрудникам не нужен полноценный офис, потому что в современном мире все совещания можно проводить онлайн, а для совместной работы создано огромное количество файлообменников.

Переведя сотрудников на удаленную работу, компании снижают свои ежемесячные расходы на аренду офисов, тем самым увеличив рентабельность бизнеса, а сотрудники

становиться более мобильными и могут работать даже на пляже. Для полноценной работы таким компаниям необходимы только компьютеры, интернет и различные ауди устройства.

В этой обстановке и возникла идея создания общих офисных помещений, сдаваемых в аренду, которая называется коворкинг, что в переводе с английского обозначает совместно работающие. [1,2,3]

Суть этой идеи заключается в том, что девелоперы, возводя офисные центры, предварительно закладывают в проект такую планировку, которая в дальнейшем может быть реорганизована в коворкинг, что подразумевает под собой, возможность объединения одного или нескольких офисных помещений в один общий зал (в англоязычной литературе такие помещения получили названия open space - что в переводе с английского означает открытые пространства).

Такие общие залы у компании застройщика в дальнейшем выкупают или берут в долгосрочную аренду субъекты инвестиционно-строительной деятельности, которые в последующем сдают в аренду рабочие места.

Данная схема выгодна как собственникам офисной недвижимости, так и компаниям создателям коворкинг центров. Для первых выгода заключается в снижении затрат по управлению объектом недвижимости, как активом (Asset Management), и выражается в снижении затрат на содержание управляющей компании, так как обсуживать запросы пяти-семи крупных арендаторов намного легче, чем сорока мелких. Для хозяев коворкинг-центров выгода тоже очевидна, они выкупают или арендуют большое количество офисных площадей по заниженным ценам, а дальше начинают сдавать их своим клиентам за более высокую стоимость. Чем больше разница в ценах, тем выше доходность таких центров.

Но необходимо упомянуть, что рентабельность таких центров очень сильно зависит от макроэкономической ситуации в стране и в мире.

Одним из важнейших макроэкономических показателей внутри страны является ключевая ставка центрального банка. Строительная отрасль, характеризуется высокой капиталоемкостью и сильной зависимостью от заемного капитала. [4,5,6]

Стоимость заемного капитала, в свою очередь, напрямую привязана к ставке ЦБ РФ. При низкой ключевой ставке центрального банка компании могут привлекать заемные средства под более низкий процент, а компании собственники таких коворкинг-центров, как правило, имеют существенные кредитные плечи, что сильно влияет на их деятельность. Так даже при небольшом снижении ставки ЦБ РФ, стоимость обслуживания кредита уменьшается, что приводит к увеличению прибыли и делает данную сферу более интересной для инвесторов.

В течение 2020 год ставка была снижена трижды с 6% в марте до 4,25% в сентябре, что привело к значительному снижению стоимости заемных средств. Такие действия позволят привлечь большое количество инвестиционных средств на рынок недвижимости, и в сферу арендной, офисной недвижимости, в частности, что в долгосрочной перспективе позитивно отразится на экономике страны.

ВИДЫ КОВОРКИНГОВ

Все коворкинг-центры можно разделить на две основные группы: Открытые и специализированные.

Открытые коворкинг центры (коворкинги офисного типа) не классифицируются и имеют только одно назначение – размещение офисных работников. Такие помещения оборудованы всем необходимым для реализации бизнес проектов, в них по умолчанию присутствует мебель, офисная техника и канцелярия. Отделка в таких помещениях как правило соответствует офисам класса А, и находятся они в местах с хорошей транспортной доступностью.

Источниками дохода для таких центров является: сдача в аренду рабочего места (на сутки или по часам), проведения корпоративных мероприятий: тренинги, конференции и собрания.

Специализированные коворкинги разделяться на несколько основных направлений:

1. Творческие коворкинги. Как правило это помещения, где художники или скульпторы могут арендовать пространство под мастерскую или студию, для работы или выставки.

2. Медицинские или косметические коворкинги. Наибольшее распространения в данной сфере получили центры, в которых дантисты, парикмахеры, косметологи и др. могут арендовать рабочее место... Как правило в стоимость аренды таких помещениях включены расходы на администрирование, а арендные платежи не выражены в твердых ценах, а рассчитываются, как процент от выручки мастера или врача, такой подход позволяет создать конкурентную среду внутри одного объекта, что приводит к улучшению качества оказываемых услуг и повышает доход мастера и доходность объекта недвижимости.

3. Ремесленный центр (Производственный офис). При аренде такого помещения, клиент получает в свое распоряжение производственное помещение, предназначенное для производства или изготовления определенных предметов. Такие центры имеют похожую бизнес модель с творческими коворкингами.

Помещение под производственный офис довольно трудно подобрать, так как такое помещение чаще всего находятся в промышленных районах города, что делает их мало привлекательными для арендаторов. Так как это бывшие производственные помещения, там может отсутствовать часть коммуникаций и может отсутствовать банальный косметический ремонт, все это надо закладывать инвесторам, при определении концепции будущего центра.

КОЛИВИНГ

Коливинги – апартаменты особой планировки в домах, где все помещения сдаются в долгосрочную аренду. Каждый жилец, выбравший коливинг, как место своего пребывания, получает отдельную комнату и общее пространство единое с бытовыми помещениями, а также с большим количеством зон для досуга, спорта и работы.

Наиболее близким форматом с правовой точки зрения является хостел или мини гостиница, потому что коливинг, по первоначальной задумке, должен относиться к нежилым помещениям.

Такой формат проживания сильно критикуется у нас в стране, из-за постоянного сравнения коливингов с советскими коммунальными квартирами, но при детальном рассмотрении становится очевидно, что единственной общей чертой в этих двух форматах является совместное проживание.[7]

С финансовой точки зрения плюсы тоже не очевидны. Изначально такой формат недвижимости должен был находиться в отдельно стоящем здании, в котором все комнаты сдавались в аренду. Но с постепенным развитием общества, коливинги начали появляться и в многоэтажных домах. [8]

На данный момент стоимость месячной аренды комнаты в столичном коливинге составляет около 50 000 рублей, и эта сумма не является пределом. Объяснение такой цене находится быстро, практически все столичные коливинги находятся внутри третьего транспортного кольца с хорошей транспортной доступностью, как правило около метро, в стоимость уже включены коммунальные платежи, Wi-Fi, и еженедельная уборка общих зон. Аренда небольшой квартиры в этом же районе обойдется порядка 38 000 – 42 000 рублей, но за Wi-Fi и коммунальные платежи придется заплатить отдельно.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что аренда коливинга при сравнении с любой квартирой, не обладающей высококачественным ремонтом, в этом же районе обойдется дороже.

У таково положения дел есть фундаментальные предпосылки. Величина арендного платежа состоит из основных параметров: стоимость покупки или создания ОН, стоимость управления ОН, как активом, премия за предпринимательскую деятельность и риск, а также расходы на коммунальные платежи, капитальный ремонт и Wi-Fi.

При сравнение апартаментов с жилой недвижимостью, стоимость строительства апартаментов обходится дешевле на 10-15%, и на столько же больше стоимость коммунальных платежей для нежилых помещений, но премия за предпринимательскую деятельность для коливингов значительно выше, так как затраты на управление и риски намного выше, а еще в коливингах большое количество общих помещений, которые не могут быть сданы в аренду, что также сильно отражается на цене.

Для снижения стоимости аренды в данном сегменте рынка должно пройти время, чтобы сформировалась конкурентная среда, в которой операторы таких центров будут конкурировать за потребителей, улучшая тем самым качество обслуживания и постепенно снижая цену. Существенный вклад так же могут внести столичные девелоперы, реализовав в центральной части Москвы проект, изначально спроектированный как коливинг, с учетом всей его специфики. Синергетический эффект от двух этих факторов поможет снизить стоимость аренды коливинга, до стоимости аренды небольшой квартиры в одинаковых районах. Так же данный формат мог бы прижиться в домах, построенных специально под аренду, но таких проектов построено было не много, и их эффективность все еще находится под вопросом. С точки зрения девелоперов такие проекты тоже несут в себя большое количество рисков, так как сложно прогнозировать периоды их окупаемости.

СХОЖИЕ ФОРМАТЫ НА РЫНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

Кохаузинг - достаточно новый для нашей страны формат загородного проживания, в котором сочетаются частность и приватность собственника дома с наличием обустроенной общей территории соседей-единомышленников. При этом использование данной территории не исключает наличия своего собственного земельного участка у каждого из соседей. В городской среде, это может выглядеть, как небольшой дом в 3-4 этажа, в котором есть общие площади (зал, столовая), где могут собираться все жители данного дома. Идея такого формата пришла к нам из Дании, где порядка 70 лет назад начали появляться небольшие сообщества собственников загородных домов, которые часть хозяйственных вопросов решали совместно, что значительно облегчало их жизнь и способствовало социализации, детей взрослых. [9,10]

В сегменте складской недвижимости тоже есть модель, где в место покупки недвижимости, потребители предпочитают долгосрочную или краткосрочную аренду. Данный сегмент называется self-storage spaces или же многоэтажные складские комплексы — это небольшие склады, боксы или ячейки внутри большого склада, сдающиеся в аренду по месяцам для хранения личных вещей. В России такие встретишь не часто, но на западе такие объекты очень распространены.

Развитие трастовой экономики, привело к созданию новых сегментов на рынке недвижимости. Такие форматы как коворкинги и многоэтажные склады уже сейчас достаточно сильно развиты во всем мире. Для России бизнес модель строительства с последующей продажей или долгосрочной арендой таких объектов недостаточно изучена, слишком высоки риски связанный с прогнозированием и датой выхода инвестора из проекта, частично такие форматы реализуются в совокупности с уже понятными для застройщиков форматами, например: офисный центр с часть площадей отданных под коворкингинг. Но остальные форматы реализуются только в качестве единичных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачёва А.Е., Швабаускас Р.Й. Коворкинг центры (коворкинги) // Вестник молодых ученых санкт-петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2018. № 4. С. 472-478.

2. Мурадян С.С. Коворкинг - модель современного офиса // в сборнике: молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых по итогам всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 2016. С. 261-263.
3. Князева А.О. Развитие коворкинга в России. Проблемы и перспективы // в сборнике: современное управление: векторы развития. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2018. С. 64-66.
4. Голицова Н.Н. Коворкинг центр: основные аспекты управления бизнесом // Innovative economy: development and improvement prospects. 2018. № 5 (31). С. 22-29.
5. Сидякина А.Ю. Об опыте проектирования коворкингов // В сборнике: международный студенческий строительный форум-2017. Сборник докладов: в 2 томах. Белгород, 2017. С. 202-207.
6. Краузе И. Коворкинг как модель занятости будущего // Форсайт. 2019. Т. 13. № s2. С. 52-60.
7. Михейчик М.Е., Цымбалюк в.с., Алексеева Н.С. Коливинг - инвестиции в коммунальные метры // В сборнике: неделя науки спбпу. Материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 117-119.
8. Лычко Д.Ю. Коливинг как форма совместной деятельности и жизни в условиях больших городов // В сборнике: дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 160-162.
9. Чижов Д.А., Личак Н.А., Данилова А.Д. Кохаузинг как современное явление организации жилищного пространства // В сборнике: общество - наука - инновации. Сборник статей международной научно-практической конференции. Уфа, 2020. С. 180-186.
10. Хохолева А.И., Немова Ю.А. Кохаузинг как один из видов социального жилья // В книге: НАУКА, образование и экспериментальное проектирование // Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Московский архитектурный институт (государственная академия). 2014. С. 120-121.

ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ ДОСТОВЕРНЫХ СМЕТНЫХ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ

И.В. Каракозова¹, О.В. Суходоева²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе д. 26,

ГАУ города Москвы «Научно-исследовательский аналитический центр», 125047, г. Москва, 2-я Брестская ул. д. 8,

¹*i.kar@inbox.ru*

²*agola@list.ru*

Аннотация

Введение. В Российской Федерации зарегистрировано огромное количество объектов культурного наследия, которые находятся на государственном учете и требуют значительных бюджетных средств на их восстановление и сохранение. С этой целью проводятся работы по сохранению объектов культурного наследия, одним из этапов которых является подготовка научно-проектной документации, а также определение полных и достоверных сметных затрат на проведение ремонтно-реставрационных работ. Для реализации данного этапа необходимы эффективные методы и инструменты определения сметных затрат. Настоящая статья посвящена выявлению проблем обоснования достоверных сметных затрат на проведение реставрационных работ на объектах культурного наследия.

Материалы и методы. Система сметных норм, ценовых показателей и методик в области ценообразования и сметного нормирования должна представлять собой основу для обоснования сметных затрат на проведение реставрационных работ. Однако использование в настоящее время на государственном уровне действующих сметно-нормативных баз, подлежащих применению на объектах культурного наследия, а также подходы к индексации затрат не позволяют получить полные и достоверные затраты с учетом новых технологий производства работ и использования современных материально-технических ресурсов. Кроме того, выявлена необходимость функционального перераспределения полномочий государственных органов в части разработки, согласования и утверждения сметных нормативов и ценовых показателей. В результате рассмотрены обозначены проблемы, а также пути их решения, направленные на совершенствование подходов к обоснованию сметных затрат на проведение реставрационных работ на объектах культурного наследия.

Результаты. Были выявлены и сгруппированы основные проблемы, не позволяющие в настоящее время обосновывать в полном объеме сметные затраты на проведение реставрационных работ и требующие решения на государственном уровне. Отмечена также особая роль сметных норм и показателей стоимости при обосновании сметных затрат.

Выводы. Сформированный перечень проблем может выступить в качестве основы при планировании и реализации мероприятия по совершенствованию вопросов ценообразования и сметного нормирования в реставрации.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации зарегистрировано и поставлено на учет в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации (далее – Реестр) более 95,7 тысяч объектов культуры, которые подлежат государственной охране и требуют значительных бюджетных средств на их восстановление и сохранение[1]. За последние пять лет наблюдается тенденция роста количества объектов культуры, включенных в Реестр, по которым проводятся научно-исследовательские, изыскательские, реставрационные, консервационные работы, а также работы по приспособлению памятников культуры для использования в современных условиях и другие производственные работы. По данным [1] с 2015 года количество

объектов, по которым ведутся работы по сохранению их исторической ценности, увеличилось с ~5,8 тысяч до ~7,4 тысяч памятников, в среднем увеличение составило порядка 27 %. Соответственно ассигнования средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия за этот же период возросло на 44%. Источниками финансирования мероприятий по сохранению историко-культурных ценностей памятников культуры могут выступать федеральный, муниципальный бюджеты и частные инвестиции. Таким образом, все заинтересованные стороны, вне зависимости от их форм собственности заинтересованы в достоверном определении стоимости реставрационных работ проводимых на объектах культурного наследия.

В целях физической сохранности и восстановления объектов культурного наследия, одним из этапов при проведении работы является подготовка научно-проектной документации, а также определение полных и достоверных сметных затрат на проведение ремонтно-реставрационных работ. Для реализации данных мероприятий необходимы эффективные методы и инструменты определения сметных затрат. Настоящая статья посвящена выявлению проблем обоснования достоверных сметных затрат на проведение реставрационных работ на объектах культурного наследия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ценообразование и сметное нормирование в реставрационной и строительной отрасли для объектов культурного наследия выступает важной составляющей при принятии управленческих решений на этапах сохранения памятников культуры. Система сметных норм, ценовых показателей, а так же методических документов в области ценообразования должна представлять собой основу для обоснования сметных затрат на проведение ремонтно-реставрационных работ.

Однако использование в настоящее время на государственном уровне действующих сметно-нормативных баз, подлежащих применению на объектах культурного наследия, а также подходы к индексации затрат не позволяют получить полные и достоверные затраты с учетом новых технологий производства работ и использования современных материально-технических ресурсов.

Проведенные исследования выявили тот факт, что система сметных нормативов, подлежащие применению при определении сметной стоимости работ проводимых на памятниках культуры, которые финансируется с привлечением средств федерального бюджета, сформирована на методологических подходах сложившихся в период плановой экономики времён Советского Союза. До сих пор на федеральном уровне, при определении сметной стоимости производственных работ используются отраслевые нормативы Сборника сметных норм и единичных расценок на реставрационно-восстановительные работы по памятникам истории и культуры г. Москвы, разработанные в 1984-1989 г.г. (СН-84) [2]. В тоже время, для определения сметной стоимости научно-проектных работ в целях реставрации и консервации памятников истории и культуры применяются показатели Сборника цен на научно-проектные работы по памятникам истории и культуры (СЦНПР-91), разработанные и утвержденный по приказу Министерства культуры СССР в ноябре 1990г. Аналогичная ситуация наблюдается на этапах планирования инвестиционных затрат по реставрации памятников культуры, независимо от степени изученности памятника в этих целях применяются укрупненные показатели Сборника укрупненных показателей сметной стоимости реставрационно-восстановительных работ по памятникам истории и культуры (СУПСС-87).

На современном этапе сметного нормирования по заказу Министерства культуры Российской Федерации была разработана и впоследствии утверждена Минстроем России в 2017 году сметно-нормативная база Отраслевых элементных сметных норм на ремонтно-реставрационные работы по памятникам истории и культуры (ОСНрр-2001). Как показал

анализ, по своему наполнению по большей части ОСНрр-2001 дублирует номенклатуру видов работ и ресурсную часть, сметных норм и единичных расценок в составе ССН-84 [4].

Стоит обратить внимание еще на одну проблему, возникающую при использовании морально устаревших отраслевых нормативов 1984-1989 гг., это отсутствие достоверных индексов (коэффициентов) пересчета сметной стоимости ремонтно-реставрационных работ, определенных в уровне цен 1984 г., в текущий уровень цен.

На территориальном уровне, следует выделить две основные сметно-нормативные базы:

В г. Москве при определении сметной стоимости реставрационно-восстановительные работы по объектам культурного наследия и ремонтные работы на произведениях монументально-декоративного искусства государственного заказа города Москвы без привлечения федерального бюджета, применяются сметные нормативы Главы 7 «Сборники норм и расценок на реставрационно-восстановительные работы по памятникам истории и культуры ТСН-2001.7», которая входит в состав территориальной сметно-нормативной базы для города Москвы ТСН-2001.

Согласно [6] при расчете сметной стоимости ремонтно-реставрационных работ также используются территориальные сметные нормативы на ремонтно-реставрационные работы для города Санкт-Петербурга (ТЕРрр-2001, УРрр-2001). ТЕРрр-2001, в свою очередь, разработаны на основе федеральных сметных норм на ремонтно-реставрационные работы по объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) базы ФСН-2001.

Сборники ФСН-2001 были введены в действие приказом Министерства культуры Российской Федерации от 01.07.2003 № 930 «О введении «Федеральных сметных норм» (ФСН-2001) и «Территориальные единичных расценок» (ТЕР-2001) на ремонтно-реставрационные работы по объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры)». Однако данный приказ был отменен в связи с отказом Минюста России в государственной регистрации (письмо Минюста Российской Федерации от 07.12.2004 № 07/12065-ВЕ) на основании приказа Минкультуры России от 25.03.2005 № 131, в том числе в целях приведения нормативно-правовой базы Министерства культуры и массовых коммуникаций Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Проблема, присущая всем сметно-нормативным базам на работы по сохранению объектов культурного наследия, заключается в использовании понятийно-терминологического аппарата для сохранения смыслового значения работ, выполняемых на объектах культурного наследия [3]. Для базы ТСН-2001.7 характерно наличие прочих ресурсов, например, «Прочие материалы» и «Прочие механизмы», которые существенно затрудняют определение состава номенклатуры материально-технических ресурсов, принятой в показателях сметных норм.

Все вышеперечисленные проблемы, в большей степени, вызваны отсутствием государственных сметных нормативов на работы по сохранению памятников истории и культуры, которые позволяют определять единые методологические подходы и требования при разработке стоимостных показателей федерального, территориального и отраслевого уровней при переходе на ресурсный метод определения сметных затрат.

Кроме того, выявлена необходимость функционального перераспределения полномочий государственных органов в части разработки, согласования и утверждения сметных нормативов и ценовых показателей на работы по сохранению объектов культурного наследия.

В соответствии с Положением о Министерстве культуры Российской Федерации (далее – Минкультуры России), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 20 июля 2008 г. № 590, полномочиями осуществлять функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного

наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, наделен федеральный орган исполнительной власти - Минкультуры России. При этом, функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере нормирования и ценообразования работ проводимых в целях сохранения памятников истории и культуры у Минкультуры России отсутствуют.

В свою очередь, Минстрой России является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства (за исключением территориального планирования), в том числе нормирования и ценообразования при проектировании и строительстве[7]. В полномочия Минстроя России, по мимо прочего, входят функциональные обязанности по рассмотрению, утверждению и включению в Федеральный реестр сметных нормативов методик, сметных норм, расценок для определения сметной стоимости работ по сохранению памятников исторического наследия. [5]

Проблемы сметного нормирования и ценообразования ремонтно-реставрационных работ можно классифицировать и сгруппировать по идентификационной составляющей на внешние и внутренние. В таблице 1 приведена классификация выявленных в рамках данной работы проблем ценообразования и предложены пути их решения. Рассмотренные и обозначенные проблемы, а также пути их решения, направлены на совершенствование подходов к обоснованию сметных затрат на проведение реставрационных работ на объектах культурного наследия.

Таблица 1. Проблемы сметного нормирования и ценообразования ремонтно-реставрационных работ и пути их решения

Уровень проблем	Наименование проблемы	Пути решения
Внешние	Отсутствие в настоящее время на федеральном уровне единого органа исполнительной власти, осуществляющего полномочия в сфере нормирования и ценообразования работ, проводимых в целях сохранения объектов культурного наследия.	Необходимо пересмотреть схему взаимодействия Минстроя России и Минкультуры России в части разработки, согласования, утверждения и сопровождения сметных нормативов и ценовых показателей на ремонтно-реставрационные работы по объектам культурного наследия, для оптимизации принятия решений в части актуализации сметно-нормативной базы на федеральном уровне. Это позволит не только утверждать, но и сопровождать базу сметных норм, стоимостных показателей и методических документов на реставрационные работы.
	Отсутствие единых государственных нормативов и ценовых показателей	Разработку государственных нормативов на работы по сохранению объектов культурного наследия, необходимо осуществлять с учетом разделения работ на архитектурную реставрацию и реставрацию предметов декоративно-прикладного искусства. Это позволит разграничить полномочия Минстроя России и Минкультуры России

Уровень проблем	Наименование проблемы	Пути решения
		в части утверждения и сопровождения нормативов и показателей на работы по сохранению памятников истории и культуры.
	Отсутствие индексов изменения сметной стоимости ремонтно-реставрационных работ.	Необходимо создать систему индексов, позволяющих формировать сметные затраты, как в целом по объекту, так и по отдельным видам (комплексам) ремонтно-реставрационных работ.
Внутренние	Сметно-нормативные базы разработаны на методических подходах, принятых в плановой экономике 1984 г.	Необходимо пересмотреть и актуализировать номенклатуру стоимостных показателей с учетом подходов к определению сметной стоимости работ ресурсным методом.
	Отсутствует единый понятийно-терминологический аппарат	Необходимо выработать единый понятийно-терминологический аппарат. Это позволит достоверно определять смысловое значение реставрационных работ для объектов культурного наследия, принятое в ценообразовании и сметном нормировании на федеральном, территориальном и отраслевом уровнях.
	Расшифровка состав исполнителей в сметных нормах	На отраслевом уровне необходимо разработать новый порядок присвоения кодов и обозначений состава звена исполнителей. На территориальном уровне в г. Москве необходимо провести работу по раскрытию состав звена рабочих-реставраторов и художников-реставраторов с указанием их квалификаций.
	Наличие групп «Прочие машины» и «Прочие материалы»	Целесообразно запланировать работу по расшифровке статей «Прочие материалы» и «Прочие машины», в том числе в рамках проведения работ по гармонизации федеральной и территориальной сметно-нормативных баз, действующих в настоящее время на территории Российской Федерации

В рамках данного исследования были выявлены и сгруппированы основные проблемы, не позволяющие в настоящее время обосновывать в полном объеме сметные затраты на проведение реставрационных работ и требующие решения на государственном уровне. Отмечена также особая роль сметных норм и показателей стоимости при обосновании сметных затрат.

ВЫВОДЫ

Сформированный перечень внешних и внутренних проблем может выступить в качестве основы при планировании и реализации мероприятия по совершенствованию вопросов ценообразования и сметного нормирования на объектах культурного наследия.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЕМИИС – Единая межведомственная информационно-статистическая система URL: <https://fedstat.ru/> (дата обращения: 05.10.2020г.)
2. Федеральный реестр сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета (по состоянию на 06.10.2020) - URL: <http://www.minstroyrf.ru/> (дата обращения 07.10.2020г.)
3. Каракозова И.В., Суходоева О.В., Гармонизация как инструмент актуализации сметно-нормативных баз в строительстве – Ежемесячный информационный научно-технический журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века» №9-10 (236-237), 2018 г. стр. 20-25.
4. Союз реставраторов на «Балтийской строительной неделе» URL: <http://www.srspb.ru/article.php?id=132>(дата обращения 07.10.2020г.)
5. Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 20 августа 2019 г. N 30521-ОГ/09 «О нормативно-правовом регулировании в сфере объектов культурного наследия (памятников истории и культуры)» URL: <http://rosrest.com/estimate/> (дата обращения 08.10.2020г.)
6. Методические рекомендации определения стоимости работ по сохранению объектов культурного наследия на территории Российской Федерации СРП-2007.8 (Редакция 2009 г.)(рекомендованы к применению письмом Министерства культуры РФ от 16 ноября 2010 г. N 91-01-39/10-КЧ) URL: <http://rosrest.com/estimate/> (дата обращения 08.10.2020г.)
7. Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 N 1038 (ред. от 16.07.2020) "О Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации" (вместе с "Положением о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации")

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТОИМОСТИ В СИСТЕМЕ ДЕВЕЛОПМЕНТА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

К.Ю. Кулаков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kkulakov@csier.ru

Аннотация

В статье рассмотрен предмет исследований, ориентированный на изучение комплексных процессов моделирования инвестиционной стоимости в специализированных системах девелопмента по жилищному строительству на ранних стадиях технико-экономического обоснования стоимости приобретения земельных участков с применением системы государственно-частного партнерства (ГЧП).

Актуальность данной тематики исследования обоснована важностью решения проблемы недопущения падения объемов вводимого жилья в стране в условиях пандемии и сокращения деловой активности в инвестиционно-строительной сфере на основе специализированных мер поддержки застройщиков на основе многовариантных систем ГЧП как антикризисных государственных мер жилищной политики. Предполагается, что применение экономического инструментария прогнозирования и управления инвестиционной стоимостью земельных участков в системах жилищного девелопмента дает возможность осуществлять устойчивое развитие жилищной сферы.

Целью исследования является разработка теоретических, методических и научно-практических моделей формализации инвестиционной стоимости земельных участков в системах жилищного девелопмента с приоритетом комплексной застройки с применением институционального инструментария регулирования в виде государственно-частного партнерства.

Объектом исследования является инвестиционно-строительная сфера, определяемая как специализированная система жилищного девелопмента, функционирующая в условиях кризиса экономики, связанного с текущей ситуацией из-за развития пандемии.

Применяемые методы исследования: системный подход; теория оценочной деятельности; экономико-математическое моделирование; технико-экономического и логического анализа; теория экспертных оценок; ситуационный анализ; методы прогнозирования и теория рисков.

В статье продемонстрирована авторская методика, позволяющая осуществлять многовариантное моделирование инвестиционной стоимости проектов комплексного освоения территорий в целях жилищного строительства для перевода ее из отрицательной величины дохода в положительную на основе моделей ГЧП.

Полученные результаты исследования демонстрирует ценность выполненных научно-практических разработок как с позиций развития теории жилищного девелопмента, теории расчетов инвестиционной стоимости, так и для совершенствования моделей ГЧП. Показана также эффективность итоговых моделей жилищного девелопмента в зависимости от регулируемых параметров ГЧП.

ВВЕДЕНИЕ

Авторские обзорные аналитические исследования позволяют утверждать, что научно-практические аспекты теории оценочной деятельности в России требуют корректировки на предмет ее использования как антикризисного инструментария в условиях пониженной деловой активности и пониженного потребительского спроса в условиях пандемии на основе применения категории оценки «инвестиционная стоимость» [1].

В условиях необходимости стабилизации деятельности жилищного строительства и

обеспечения его устойчивого развития на основе реализации Национального проекта «Жилье и городская среда», а также на основе региональных жилищных программ, весьма востребованной становится проблема экономико-математического моделирования методов государственного регулирования жилищного рынка.

В этой связи, особенно актуальна инициация инновационных процедур госрегулирования на основе ГЧП на ранних стадиях земельного девелопмента при обосновании процедур предоставления застройщикам земельных участков под комплексное освоение территорий (КОТ) на основе прогнозирования их инвестиционной стоимости на многовариантной основе.

Анализ показал, что многовариантное экономико-математическое моделирование и управление инвестиционной стоимостью земельных участков (ЗУ) для целей КОТ является весьма сложной научно-практической задачей. Это связано с тем, что оптимизация экономического поля ГЧП при реализации инвестпроектов типа КОТ требует формирования их финансовой результативности на стадии расчетов инвестиционной стоимости ЗУ от многовариантных регулируемых параметров выполнения затрат на технические условия, этажности строительства, степени бюджетного софинансирования на транспортной, социальной и инженерной инфраструктуре строительства.

Именно эта сложная многовариантная задача прогнозирования и управления инвестиционной стоимостью на стадии земельного девелопмента по инвестиционным проектам КОТ формирует проблемное поле настоящего исследования как актуальной антикризисной задачи инвестиционного менеджмента моделирования оптимизационных моделей ГЧП.

Обзорный анализ литературы позволяет утверждать, что как в отечественной, так и в зарубежной оценочной деятельности активно используется теория инвестиционной стоимости [2-7].

Таким образом, обозначенный авторский вектор исследования следует отнести к весьма проблемной и актуальной сфере оценочной гносеологии применительно к категории инвестиционной стоимости.

МЕТОДИКА

За основу методического моделирования экономико-математических процессов оценки и управления инвестиционной стоимостью в инвестиционных проектах КОТ с применением многовариантных моделей ГЧП принят как отечественный стандарт ФСО №13 [1], так и международные стандарты в этой сфере деятельности.

Инвестиционную стоимость (ИС) идентифицируется согласно отечественным и зарубежным требованиям как стоимость объекта оценки, которым у нас является ЗУ под реализацию инвестпроекта КТО, для конкретного инвестора, консорциума инвесторов, а также для органов государственного и муниципального регулирования инвестиционно-строительной деятельности в области жилищного строительства, в условиях цели инвестирования, ориентированной на комплексное освоение территорий на основе жилищного строительства.

В качестве основного индикатора эффективности ИС предполагается использовать показатель чистого инвестиционного дохода (ЧИД), определяемого в рамках доходного оценочного подхода. При этом планируется формализация ЧИД как многовариантное зонирование показателей ИС на основе регулируемых показателей ГЧП.

В качестве базовых вариантов регулирования ИС предполагается выделять: отрицательная привлекательность, для которой характерны минусовые значения ИС (Z_1); нулевая привлекательность инвестпроектов КОТ, где ИС равна нулю (Z_0); зону с плюсовой привлекательностью, где ИС положительна (Z_2). В ней может быть несколько уровней положительной привлекательности (Z_{3-4-5}).

В исследовании предполагается применить ситуационный подход, когда выделяют в развитии уже застроенных территорий (S_1); комплексное освоение незастроенных территорий

(S_2); КОТ жильем эконом-класса (S_3); КОТ как строительство мультиформатных проектов различного типа.

Для расчета и управления ИС применялись классические методики доходного подхода: метод капитализации (МК); метод дисконтирования (МД). Специфика оценки инвестпроектов КОТ требует применения только метода дисконтирования в форме метода предполагаемого использования, который дает достоверные результаты расчета. МК не применим, поскольку в России не сформирован рынок аренды ЗУ под КОТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Апробация авторской методики на примере конкретного инвестпроекта КОТ позволила получить отдельные результаты исследования с моделирование величины ИС по анализируемым зонам Z_1, Z_0, Z_2 в рамках регулируемых параметров процесса оптимизации ГЧП.

В качестве отдельных результатов исследования получены параметры оптимизации ИС с целью минимизации объемов консолидированного бюджета в системах ГЧП.

В наиболее общем виде полученные результаты исследования можно продемонстрировать графоаналитической моделью, показанной на рис.1.

В ней предусмотрено выделение как коридора управления ИС в рамках многовариантных моделей ГЧП, так и зоны инвестиционной привлекательности и убыточности проектов КОТ.

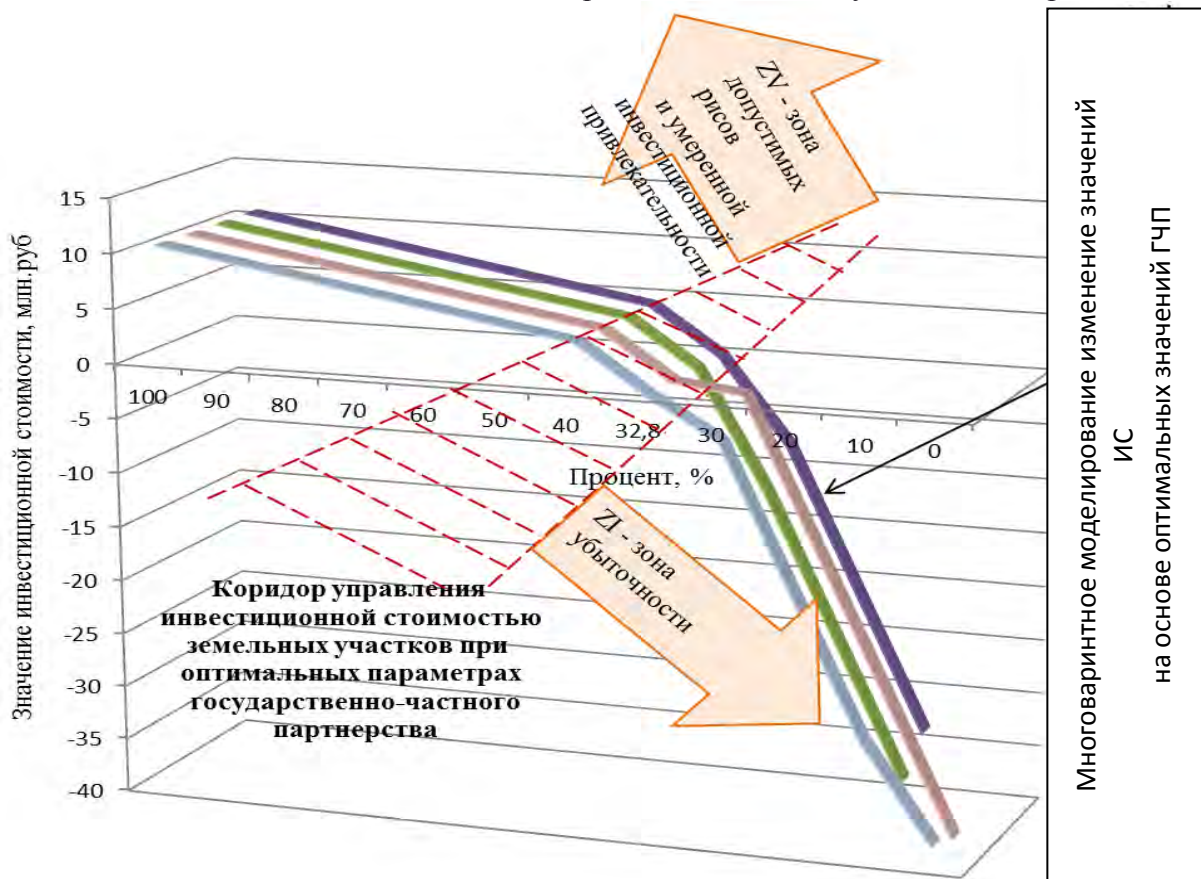


Рис. 1. Графоаналитические научные результаты моделирования инвестиционной стоимости в системе девелопмента жилищного строительства на основе оптимизации параметров ГЧП

ВЫВОДЫ

Авторские исследования подтвердили как актуальность развития экономического инструментария моделирования экономического инструментария прогнозирования и управления инвестиционной стоимостью ЗУ в системах жилищного девелопмента как

антикризисных государственных мер жилищной политики в условиях пандемии, так и сложность, многофакторность и многоситуационность данного исследования.

Считаем обоснованным применение авторской методики в целях стабилизации и государственного регулирования для обеспечения устойчивости развития систем девелопмента по жилищному строительству на ранних стадиях ТЭО стоимости приобретения ЗУ для застройщиков на основе оптимизационных моделей ГЧП.

Авторская методика прошла апробацию на конкретном примере инвестпроекта КОТ и показала свою результативность и перспективность применения для объявленных целей и объекта исследования.

В качестве направлений дальнейших исследований принята необходимость в формализации данных расчетов в специализированный компьютерный программный комплекс. Это позволит выполнять большие объемы расчетного моделирования ИС и апробировать методику на более сложных и масштабных инвестиционных проектах КОТ.

Считаем необходимым и возможным включить данное направление научно-практических исследований в реализацию Национального проекта «Жилье и городская среда» как обязательный инфраструктурный экономический инструментальный моделирования и управления ИС на основе оптимизационных схем ГЧП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный стандарт оценки «Определение инвестиционной стоимости (ФСОН[№]13)». Приказ Минэкономразвития России от 17.11.2016 N 722 «Об утверждении федерального стандарта оценки».
2. Methodological recommendations on the assessment of investment projects efficiency (approved by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, Ministry of Finance of the Russian federation, Federal agency of construction, housing and housing services of the Russian Federation, 21.06.1999 No. VK477).
3. Кулаков К.Ю., Денисова Е.С. Анализ содержания и развитие теории инвестиционной оценки земельных участков под комплексную жилую застройку: статья / «Научное обозрение» №1: Москва; 2013г. – с. 314-318.
4. Kulakov K., Baronin S Methodical modeling of the investment value of land plots for housing development. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 08100.
5. Кулаков К.Ю., Баронин С.А., Денисова Е.С. Особенности инвестиционной оценки земельных участков под комплексную жилую застройку. В сборнике: СТОИМОСТЬ СОБСТВЕННОСТИ: ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ. Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2014. С. 134-142.
6. Кулаков К.Ю., Баронин С.А., Бредихин В.В., Денисова Е.С. Экономико-математическое моделирование коридора управления инвестиционной стоимостью проекта комплексной застройки территорий жильем эконом-класса на стадии земельного девелопмента. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика, Социология, Менеджмент. 2014. №1. С.204-210.
7. Кулаков К.Ю., Баронин С.А., Денисова Е.С. Монография. Пенза, ПГУАС, 2013. 147С.

ОБОСНОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРИОРИТЕТА ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Н. Ларионов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, prof.larionov@mail.ru

Аннотация

Развитие современной цивилизации движется по пути международной глобализации и весьма существенно воздействует на инновационную активность компаний во всех сферах национальных экономик, в том числе, в жилищном строительстве. При определении стратегических приоритетов развития жилищного строительства в Российской Федерации необходимо учитывать не только опыт организации подобной деятельности развитых стран, но и, критически осмысливая, изучать и адаптировать наиболее перспективные зарубежные векторы развития жилищного строительства. Длительность цикла проектов жилищного строительства и весьма существенная его зависимость от уровня развития национальных стандартов проектирования и строительства, отнюдь не способствует ускорению проникновения современных инноваций и инновационных технологий в данную сферу. Поэтому в условиях существующих ресурсных, экономических, технических, экологических и иных ограничений территорий жилой застройки, с одной стороны, возрастающих требований к количеству и качеству жилья (а также изменяющихся потребительских предпочтений граждан), со стороны домашних хозяйств, и экономических интересов и ожиданий, со стороны застройщиков, необходимы выработка и обоснование стратегических приоритетов развития жилищного строительства в нашей стране на средне- и долгосрочную перспективы. Несмотря на то, что результаты изучения зарубежного опыта одного из крупнейших сегментов национальных экономик свидетельствуют о наличии весьма значительного количества направлений его развития, в работе предложен и обоснован лишь один, но наиболее значимый для нашей страны – экологический. Но раскрыт он в работе и научно обоснован по целому ряду аспектов. Так, важное значение имеет экологическое качество применяемых строительных материалов, конструкций, деталей и технологий (факторы внутренней среды) – внедрение в массовое жилищное строительство систем сертификации DGNB, LEED и др. Существенное влияние на развитие экологичного жилищного строительства оказывает учет и снижение воздействия факторов внешней среды, таких как удаленность строящегося жилья от действующих (и планируемых) автомагистралей, промышленных предприятий, полигонов, мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов, электромагнитные излучения и пр. Особый акцент в работе сделан на выработку и обоснование мероприятий по организации реформирования мышления современных застройщиков. Реализация предложенных в работе мероприятий при проектировании и строительстве жилых домов и их комплексов позволит осуществить массовый разворот с традиционных позиций изменений ландшафта территорий жилой застройки, наносящих существенный вред данным территориям, на сохранение природного ландшафта не только в период строительства, но и по окончании – при сдаче объектов жилой недвижимости в эксплуатацию.

ВВЕДЕНИЕ

Основой современной государственной жилищной политики в Российской Федерации является не только увеличение объемов строительства и ввода жилья в эксплуатацию (не менее 120 млн м² в год), но также повышение его доступности (в т.ч., ипотечных кредитов как на приобретение готовых квартир в многоквартирных домах в рамках проектного финансирования, так и на доленое строительство), качества и экологичности.

Однако все вышеперечисленные задачи в условиях ограниченных ресурсов, а также изменяющихся предпочтений граждан к количеству и качеству жилья, не могут быть в нашей стране одномоментно решены даже в среднесрочной перспективе. Безусловно, потребность в количестве и качестве жилья в нашей стране достаточно высока. Конечно же, жилье должно быть доступным (в т.ч. и кредиты на эти цели). И далеко не последнее место в перечне требований к современному жилью занимает тема его экологичности.

Вместе с тем, в условиях существующих ограничений невозможно государству (в лице Правительства РФ и региональных администраций) одновременно двигаться сразу по всем трем вышеперечисленным направлениям. Во-первых, доступное жильё (это, прежде всего, низкая себестоимость) не может быть в принципе комфортным (комфорт предполагает высокое качество и экологичность строительных материалов, конструкций, изделий, технологий, а, значит и высокую себестоимость), поскольку с точки зрения логики и здравого смысла, – это прямо противоположные и взаимоисключающие задачи. Во-вторых, доступность предполагает изначально целевую ориентированность на определенную социальную группу населения – малообеспеченных граждан, неспособных самостоятельно решать свою жилищную проблему. В-третьих, экологичность – это социальный запрос (в большинстве своём) значительной части достаточно обеспеченных граждан к государству, которые в принципе не рассчитывают на государственное финансовое участие – они ожидают от исполнительных органов власти в большей степени организационного участия.

Именно поэтому актуальность рассматриваемой в настоящей работе проблемы обусловлена выбором и обоснованием национального стратегического приоритета организации современного жилищного строительства в Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существующие в настоящее время методы и формы проведения научных исследований проблем организации жилищного строительства направлены, в основном, на поиск и научное обоснование путей развития строительства доступного жилья, ориентированного, прежде всего, на бюджетные источники всех трех уровней – федерального, регионального и муниципального. Наиболее заметными среди них являются:

- федеральная целевая программа (ФЦП) «Жилище» [9] различных периодов в новейшей истории нашей страны (направленная на улучшение жилищных условий граждан, перед которыми у государства есть невыполненные обязательства – ветераны Великой Отечественной войны; военнослужащие и члены их семей; «северяне»; «чернобыльцы»; врачи; учителя и пр.);

- приоритетный национальный проект (ПНП) «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» [8, 10 и др.], который так и не был реализован (одна из причин его невыполнения заключается в некорректной концепции этого мегапроекта – ну не может быть доступное жилье комфортным, а комфортное жилье доступным – это взаимоисключающие вещи [4]);

- региональные целевые программы областных (краевых) фондов поддержки жилищного строительства в сельской местности (инициатором этого крупномасштабного проекта и добившейся наибольших результатов является Белгородская область, правительство которой еще в так называемые «нулевые» (двухтысячные) годы смогло добиться эффекта мультипликатора-акселератора от взаимодействия жилищного строительства и сельского хозяйства во всех без исключения муниципальных образованиях на протяжении 20-ти лет подряд.

Отличительной особенностью вышеперечисленных мегапроектов является их ориентированность на социально незащищенные слои российского населения, и, как следствие, на бюджетные источники финансирования жилищного строительства. Справедливости ради отметим, что так называемый «белгородский феномен» несколько

выделяется своей комплексностью и системностью в части задействования источников финансирования.

Такой однобокий подход к государственному регулированию жилищного строительства, который весь пореформенный период проявляется в примитивном расходовании бюджетных средств на улучшение жилищных условий граждан, перед которыми у государства есть невыполненные обязательства, демонстрирует крайнюю неэффективность [7, 11 и др.]. Например, в нашей стране еще до сих пор есть очередники на улучшение жилищных условий из числа участников Великой Отечественной войны (которая закончилась уже более 75 лет назад): да, эта очередь «двигается», но в первую очередь за счет ухода из жизни большинства ветеранов.

В этой связи наиболее перспективными организационными подходами, с точки зрения эффективности, являются экономические методы государственного регулирования жилищного строительства, которые не «замыкаются» исключительно на бюджетных источниках инвестиций, но вовлекают как собственные средства домашних хозяйств и предприятий, так и заёмные, вовлекая в хозяйственный оборот банковский капитал. К их числу мы относим, прежде всего, экологизацию жилищного строительства – развитие этого направления позволит не только вовлечь в хозяйственный оборот жилищного строительства внебюджетные источники инвестиций и на этой основе увеличить объемы новостроя, но и весьма значительно поднять качество и уровень комфорта вводимого жилья.

Главная сложность в проведении научных исследований эколого-экономической системы «строительство – среда жизнедеятельности» [5] заключается в реализации мультидисциплинарного подхода, который требует изучения и осмысления методов анализа и полученных результатов из различных областей науки и хозяйственной практики. Современный ученый-строитель должен вникать, разбираться и оперировать понятиями, категориями и научными результатами технологии и организации строительного производства, инвестиционно-строительной деятельности, геологии, железобетонных, металлических и деревянных конструкций, геодезии, строительной физики, экономики отрасли, материаловедения, охраны окружающей среды, строительной механики, химии и т.д.

В этой связи важное значение имеет экологическое качество применяемых строительных материалов, конструкций, деталей и технологий (факторы внутренней среды) – внедрение в массовое жилищное строительство современных зарубежных систем сертификации (например, DGNB, LEED и др.) [3, 12 и др.].

Существенное влияние на развитие экологичного жилищного строительства как в России, так и за рубежом, оказывает учет и снижение воздействия факторов внешней среды, таких как удаленность строящегося жилья от действующих (и планируемых) автомагистралей, промышленных предприятий, полигонов, мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов, электромагнитные излучения и пр. [7].

Безусловно, эти подходы очень не просто реализовать в современной хозяйственной практике жилищного строительства. Но следует помнить, что со старыми взглядами на Вселенную бесполезно и бесперспективно строить новый Мир. Потому что в новых условиях традиционные общенаучные подходы и стандартные методы проведения научных исследований не позволяют получить приращение Знания, необходимого для совершенствования хозяйственной практики организации жилищного строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализируя современное состояние отечественного экологического жилищного строительства [3, 5 и др.], нельзя не отметить отсутствия комплексного подхода к применению в нем строительных материалов и конструкций. Мы считаем, что до тех пор, пока законодательство и техническое нормирование не заставят производственные, строительные и эксплуатационные процессы стать безопасными для людей и окружающей

среды, оптимальный выбор экологических и ресурсосберегающих материалов, изделий и технологий останется профессиональным и гражданским долгом проектировщиков.

Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых [1, 5, 6, 7, 13, 14 и др.], а также наших собственных научных исследований [3, 5 и др.], свидетельствуют о том, что интегрально качество среды жизнедеятельности и бизнеса определяется как степень удовлетворения некоторого базового набора потребностей субъектов среды, характеризующую мерой развития различных сфер жизни общества.

Эти аспекты – технический и санитарно-гигиенический – безусловно, для развития экологического домостроения важны сами по себе. Но еще более значимым, с нашей точки зрения, является финансово-экономический аспект. В чем это проявляется?

А проявляется это, прежде всего в том, что интересуются проблемой экологизации пространства своей жизнедеятельности, в основном, люди обеспеченные и уже имеющие какое-либо жилье. Но по критерию экологичности имеющееся у них в наличии жилье, как правило, их уже не устраивает. И они готовы строить новое жильё (квартиры в многоквартирных домах или коттеджи в коттеджных поселках), продав или сдав в аренду имеющееся.

И вот эта категория населения не только весь пореформенный период в новейшей истории России, но и даже в настоящее время оказалась вне поля зрения органов власти всех уровней. Ни Минстрой России, ни региональные власти практически/фактически никак не занимаются этой социальной группой, поскольку у государства нет перед ней никаких обязательств, как, например, перед «чернобыльцами», ветеранами Великой Отечественной войны, «северянами» и пр. А ведь у этой группы есть весьма значительные сбережения, которые они готовы потратить на создание экологичного жилья и финансировать развитие инфраструктуры вокруг него. То есть, при минимальном финансовом участии государства (на развитие части инфраструктуры) и весьма значительном организационном, имеется реальная возможность вовлечения в хозяйственный оборот экологичного жилищного строительства, по нашим оценкам, не менее 2,4 триллионов рублей.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в условиях ограниченных ресурсов, которые направляются на развитие жилищного строительства в нашей стране, не следует «распылять» средства по всем возможным направлениям: строительство многоквартирных жилых домов эконом-класса для социально незащищенных групп населения; наращивать объемы ежегодного ввода новостроя до 120 млн м²; заниматься строительством жилья на селе; и т.д., и т.п. – не может быть, по определению, множества приоритетов развития. Гораздо перспективнее, с точки зрения экономической эффективности, выбрать один стратегический приоритет и на нём сконцентрировать основные ресурсы.

Таким стратегическим приоритетом, с нашей точки зрения, может стать экологическое домостроение, требующее минимум финансового и значительные объёмы организационного участия федеральных и региональных органов власти.

Определение экологического домостроения национальным стратегическим приоритетом, с организационной и экономической точек зрения, за счет вовлечения весьма значительных средств обеспеченных граждан позволит получить эффект мультипликатора-акселератора в смежных с жилищным строительством отраслях: машиностроении, стройиндустрии, транспорте, металлургии, лесопереработке и т.д., и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Встреча на высшем уровне «Планета Земля» / Программа действий. Повестка дня на XXI век и др. документы конференции в Рио-де-Жанейро. Женева, 1993. 90 с.
2. ГОСТ Р 54964-2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости (Conformity assessment. Ecological requirements for estate properties) [Электронный ресурс]: национальный стандарт Российской Федерации: утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по

- техническому регулированию и метрологии от 30 авг. 2012 г. № 257-ст; введ. 01.03.2013. М.: Стандартиформ, 2013. 48 с. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Ларионов А.Н., Жеребцова О.В. Обоснование необходимости экологизации российского рынка жилья // Журнал исследований по управлению. Том 5. № 4, 2019. С. 65-71
 4. Ларионов А.Н., Ларионова Ю.В. Роль и место понятийно-категориального аппарата в реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России» // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2014. № 1. С. 44-51.
 5. Ларионов А.Н., Мишланова М.Ю. Развитие эколого-экономической системы «строительство – среда жизнедеятельности»: монография / А.Н. Ларионов, М.Ю. Мишланова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. М.: МГСУ, 2014. 168 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).
 6. Любавин А.Ю. Экономические и экологические аспекты жилищного строительства (об одном подходе к решению жилищной проблемы в России) [Электронный ресурс] URL: http://nwara.spb.ru/sajt_ibo/infpacket/oglavl/Problsovec2007-2.pdf (дата обращения: 16.09.2020).
 7. Нежникова Е.В. Методология формирования новой государственной экономической политики в сфере жилищного строительства: монография / НИЦ “Стратегия”. М.: МАКС Пресс, 2015. 252 с.
 8. О концепции ПНП «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» [Электронный ресурс] URL: <http://s-doc.ru/doklad/1> (дата обращения: 24.09.2020).
 9. О федеральной целевой программе «Жилище» на 2015-2020 гг. [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 17 дек. 2010 г. № 1050 (в ред. Постановления Правительства РФ от 25.08.2015 № 889). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 10. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 323. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 11. Стратегия развития Единого института развития в жилищной сфере на период 2016-2020 годы. [Электронный ресурс]: Утверждена решением Наблюдательного совета АО «АИЖК» 26.02.2016. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 12. Теличенко В.И. От экологического и «зеленого» строительства – к экологической безопасности строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 2. С. 47-51.
 13. Экологическая доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс]: одобр. распоряж. Правительства от 31.08.2002 № 1225-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 14. Lester R. Brown, Eco-Economy: Building an Economy for the Earth. Earth Policy Institute. W. W. Norton & Co., New-York, London, 2001. 322 p.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.В. Ларионова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, yuvladi@mail.ru

Аннотация

В статье представлены текущие особенности управления многоквартирными домами. В целом можно выделить ряд проблем, с которыми сталкивается управляющая организация при управлении многоквартирным домом: отсутствие адекватной ответственности у собственников помещений за принадлежащее им имущество, неоправданное административное воздействие на управляющие организации, недостаточная организованность и подготовка собственников, несовершенство сообщества собственников, кассовые разрывы при оплате коммунальных ресурсов на содержание общего имущества, недостатки в работе ГИС ЖКХ и др.

В соответствии со статьей 30 Жилищного кодекса ответственность за содержание своих квартир, а также общего имущества лежит на собственниках помещений. Однако следует констатировать тот факт, что у собственников в большинстве многоквартирных домов не сформировано правильное понимание своей ответственности за состояние и экономические основы обеспечения надлежащего содержания домов. Собственники помещений редко «расширяют» в договорах управления перечень услуг и работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в домах, ограничиваясь в основном стандартным минимальным перечнем работ и услуг.

Ожидание того, что собственники помещений в многоквартирных домах будут активны, будут оперативно принимать управленческие решения на своих общих собраниях – не оправдалось. В домах чаще всего не больше 3-5 процентов активных собственников, основная задача которых сводится к организации обращений в контрольно-надзорные органы с разрозненными жалобами.

Сфера управления многоквартирными домами является потенциально конкурентной. Однако нередко органы публичной власти в разных формах осуществляют вмешательство в деятельность управляющих организаций, объединений собственников помещений в многоквартирном доме, что снижает эффективность и качество управления.

Кроме того, необходимо исправить положения жилищного законодательства в отношении совершенствования правового регулирования изменения, прекращения и расторжения договора управления многоквартирным домом; оснований управления многоквартирным домом управляющей организацией в случае, указанном в ч 3 ст. 200 ЖК РФ (в случае исключения сведений о многоквартирном доме из реестра лицензий субъекта РФ).

ВВЕДЕНИЕ

Обязанность принимать решения по управлению общим имуществом многоквартирного дома (МКД) возложена на собственников помещений в нем. Однако установленные статьей 161 Жилищного кодекса Российской Федерации [2] способы управления МКД не формируют ответственности собственников за состояние принадлежащего им имущества. Основное отличие между способами не в том, кто осуществляет управление, а в том, на кого законодатель возложил ответственность за надлежащее содержание МКД – на ТСЖ/ЖСК или управляющую организацию, сняв такую ответственность с собственников общего имущества [1]. В этой связи ответственность по сути переложена с собственников на профессиональных управляющих [1]. В статье будут рассмотрены проблемы управления МКД посредством управляющих организаций и возможные направления их решения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одной из проблем является *отсутствие адекватной ответственности у собственников помещений за принадлежащее им имущество*. Собственники помещений не стремятся заказывать полный перечень работ и услуг за адекватную плату, предпочитая писать жалобы в органы государственного жилищного надзора, которые зачастую выдают управляющим организациям предписания о выполнении незаказанных и неоплаченных услуг и работ.

Для изменения сложившейся ситуации необходимо установить в Жилищном кодексе Российской Федерации правило, согласно которому управляющие организации отвечают за качество состояния МКД в пределах заказанных им и оплаченных собственниками услуг и работ. Данное правило необходимо также отразить в Положении о государственном жилищном надзоре. Контрольно-надзорные органы должны отказывать в выдаче предписаний о выполнении управляющими организациями незаказанных и неоплаченных собственниками помещений услуг и работ, поскольку у управляющих организаций отсутствуют обязательства по их выполнению до внесения соответствующих изменений в договор управления.

В договорах управления часто не установлен порядок определения размера платы за содержание и текущий ремонт общего имущества в МКД (п. 3 ч. 3 ст. 162 Жилищного кодекса РФ [2]). Условия о размере платы за содержание жилого помещения сформулированы часто в виде отсылки на устанавливаемый органом местного самоуправления размер платы за содержание жилых помещений для соответствующих групп домов. Такая плата в большинстве случаев является популистской, экономически необоснованной, обезличенной, не привязанной к состоянию конкретного дома. Она дезориентирует собственников помещений в отношении адекватности заказа, провоцирует управляющие организации к выполнению работ до «израсходования собранных средств». Целью работы управляющих организаций при этом становится «потратить деньги», а не обеспечить надлежащее содержание дома [3].

Еще один вопрос, требующий рассмотрения – *неоправданное административное давление на управляющие организации*. Несмотря на рост количества случаев привлечения управляющих организаций к административной ответственности, высокие размеры штрафов за нарушения лицензионных требований, качество управления МКД не улучшилось. Для этого у органов государственной власти субъектов Российской Федерации не хватает ни сил, ни средств. Органы государственного жилищного надзора и лицензионного контроля практически не осуществляют выездные проверки. При этом, как правило, не проводятся строительно-технические, экономические и правовые экспертизы. Система государственного жилищного надзора и лицензионного контроля ориентирована на обращения отдельных собственников помещений в МКД, а не на принятие собственниками коллективных решений в рамках отношений с управляющей организацией.

Недостаточная организованность, активность и подготовка собственников. Все полномочия по принятию управленческих решений сконцентрированы у общего собрания собственников помещений, которое трудно созвать и провести. Советы МКД несмотря на то, что их создание обязанность – созданы не везде.

Для упрощения созыва и проведения общих собрания и принятия на них решений по вопросам управления своими домами предлагается: снизить кворум повторного общего собрания собственников помещений.

Несовершенство сообщества собственников помещений в МКД. В настоящее время в МКД, которым управляет ТСЖ, часть собственников помещений являются членами объединения, а часть – не являются. Часть вопросов управления домами решаются на общих собраниях собственников, а часть, на собраниях членов ТСЖ. При этом все собственники помещений в таком доме приобретают собственность на помещения только добровольно, одинаково обязаны нести бремя расходов на содержание общего имущества, все в равной

степени имеют право управлять домом. Такое деление мешает ТСЖ стать объединением всех собственников, создает неоправданные трудности.

Необходимо упразднить институт общего собрания членов ТСЖ и разрешить в Жилищном кодексе РФ собственникам помещений создавать по решению общего собрания объединение в виде юридического лица (законодательно выбрать один из двух видов):

1) с обязательным членством в таком товариществе всех собственников помещений в МКД (п. 1 ст. 1238 ГК РФ предусматривает такой вид некоммерческой корпоративной организации, как ассоциация, основанная на обязательном членстве в соответствии с законом);

2) без членства (упразднить институт членства в ТСЖ) – приравнивание ТСЖ к одному из типов некоммерческих унитарных организаций. В этом случае в организации выбирается правление, ревизионная комиссия, но нет членов ТСЖ [3].

Следующая проблема – *кассовые разрывы при оплате коммунальных ресурсов на содержание общего имущества*:

Существующая в настоящее время система оплаты расходов коммунальных ресурсов на цели содержания общего имущества в МКД по нормативам потребления ведет к возникновению кассовых разрывов у управляющих организаций по причине использования для оплаты коммунальных ресурсов, потребляемых на содержание общего имущества заниженных нормативов на содержание общего имущества.

Недостатки в работе ГИС ЖКХ. В настоящее время государственная информационная система ЖКХ (ГИС ЖКХ) не стала инструментом, облегчающим процесс управления отраслью, помогающим в своей деятельности органам государственной власти, собственникам помещений в МКД, лицам, осуществляющим управления МКД.

Устранение недостатков в работе ГИС ЖКХ необходимо проводить с предварительным обсуждением направлений модернизации ее работы при условии публичного контроля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исправления недостатка «перекоса» ответственности необходимо детализировать в ст. 156 Жилищного кодекса РФ требования к определению в договоре управления МКД:

– стоимости «плановых» услуг и работ по управлению, содержанию и текущему ремонту общего имущества, необходимость выполнения которых установлена в момент заключения договора управления и указана в приложении к нему (п. 2 ч. 3 ст. 162 Жилищного кодекса РФ [2]), включая стоимость выполнения «аварийных» работ (работ по локализации или предотвращению аварий);

– порядка индексации размера платы за содержание жилого помещения;

– порядка определения размера оплаты «внеплановых» услуг по содержанию и работ по текущему ремонту общего имущества в МКД, определения размера и порядка оплаты «непредвиденных» услуг и работ по устранению недостатков, необходимость в выполнении которых выявлена, в частности, в ходе осмотров и проверок общего имущества, проводимых в соответствии с минимальным перечнем услуг и работ, утвержденным постановлением Правительства РФ от 03.04.2013 № 290. А фиксированный размер платы за содержание жилого помещения основан на вероятности наступления таких недостатков, предположении их наступления, что ведет или к нехватке средств, или к явной переплате.

Для снижения неоправданного административного воздействия на управляющие организации целесообразно:

– оставить в перечне грубых нарушений лицензионных требований к деятельности по управления МКД только нарушения, которые связаны с нарушением безопасных условий проживания граждан в жилых помещениях;

– при отсутствии заказа собственниками соответствующих услуг и работ исключить требования к управляющим организациям о выполнении таких услуг и работ в связи с отсутствием их вины в ненадлежащем состоянии МКД;

– ввести обязательный предварительный претензионный порядок рассмотрения управляющими организациями обращений собственников и пользователей помещений в МКД;

– снизить размеры административных штрафов за нарушения лицензионных требований.

В целях облегчения принятия собственниками управленческих решений представляется целесообразным внести в Жилищный кодекс РФ изменения, позволяющие:

– по решению общего собрания собственников передать часть полномочий общего собрания представителям собственников (правлению ТСЖ или ЖСК, совету МКД). Если собственники помещений избрали в правление или совет дома достойных представителей, то риск того, что избранные собственники будут действовать против интересов собственников минимален. Если такие полномочия не переданы, то решения принимаются в общем порядке общим собранием;

– по решению общего собрания возложить на представителя собственников помещений в МКД функции по заключению (подписанию) от имени всех сосособственников общего имущества договора управления, договоров оказания услуг, выполнения работ с подрядчиками при непосредственном управлении, по контролю исполнения договорных обязательств по договорам, подписания актов выполненных услуг и работ, по расчетам со счета дома за оказанные услуги и выполненные работы в рамках утвержденного общим собранием годового бюджета [3].

Для решения проблемы кассовых разрывов необходимо:

– в качестве основного способа оплаты «расходов на содержание общего имущества» установить ежемесячное определение разности показаний коллективного (общедомового) прибора учета и суммы объемов индивидуального потребления в жилых и нежилых помещениях;

– использование нормативов потребления коммунальных ресурсов в целях только при невозможности определения среднемесячных объемов потребления коммунальных ресурсов в целях содержания общего имущества в домах-новостройках и в домах, в которых коллективные (общедомовые) приборы учета установлены менее года назад.

В части решения проблемы с ГИС ЖКХ предлагается снять с поставщиков информации обязанность размещения избыточной информации, ее дублирования, обеспечить координацию ГИС ЖКХ с региональными системами в сфере ЖКХ, устранить все технические проблемы функционирования ГИС ЖКХ, объявить мораторий на привлечение к административной ответственности за нарушения, в которых отсутствует вина управляющих организаций, ТСЖ, ЖСК, ресурсоснабжающих организаций.

ВЫВОДЫ

Внедрение пакета рекомендаций позволит обеспечить качественное управление МКД управляющими организациями, повысить прозрачность услуг и работ по содержанию и текущему ремонту общего имущества, выйти на новый уровень конструктивных взаимоотношений «собственник – управляющая организация».

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилищно-коммунальный комплекс: между политикой и экономикой: аналитический доклад / Центр стратегических разработок. М., 2018. 116 с.
2. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 31.07.2020): принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года, одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года.
3. Информационные материалы Комитета по жилищной политике и жилищно-коммунальному хозяйству Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации [Электронный ресурс]: режим доступа <http://komitet2-24.km.duma.gov.ru/Sudebnaya-praktika> (дата обращения 25.09.2020).

ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Д.А. Максимова¹, А.А. Плетнёва², А.А. Степанишина³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*maksimovada@mgsu.ru*

²*aleksandra.plent2001@yandex.ru*

³*iceorchid@yandex.ru*

Аннотация

В данной статье приведен обзор актуальных изменений Федерального закона N 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости» (далее – Федеральный закон N 214-ФЗ) [1] в контексте уточнения финансовых гарантий в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник» долевого строительства объектов недвижимости. Определено на законодательном уровне положение участников долевого строительства и застройщиков в финансовых отношениях, которое подкреплено фактическими данными [8]. С этой целью авторами проведен сравнительный анализ финансовых отношений в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник долевого строительства» при создании объектов недвижимости по периодам внесения изменений в законодательные акты Российской Федерации, начиная с периода утверждения Федерального закона N 214-ФЗ по настоящее время. [1] Сравнительный анализ позволил отразить структурные изменения в финансовых отношениях в хронологическом порядке их возникновения, которые направлены на их улучшение.

С целью раскрытия структурных изменений финансовых гарантий в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник долевого строительства» при создании объектов долевого строительства, в статье авторами была использована обширная база исследований правового характера [2], экспертные мнения, фактические данные участников долевого строительства, финансовая отчетность застройщиков и сведения, обязательные к раскрытию на официальных сайтах уполномоченных банков.

Методом экспертных оценок было доказано, что в условиях обеспечения регулирования долевого строительства объектов долевого строительства финансовые отношения в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник долевого строительства» улучшаются в динамике с 2004 г. по настоящее время.

В результате проведенного исследования были выявлены основные направления улучшения финансовых отношений в долевом строительстве объектов недвижимости в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник».

Ключевые слова: долевое строительство, обзор актуальных изменений, федеральный закон № 214-ФЗ, федеральный закон N 127-ФЗ, федеральный закон N 128-ФЗ, статья 860.7 ГК РФ, финансовые отношения, «застройщик – уполномоченный банк – участник долевого строительства», основные направления улучшения, объекты долевого строительства

На сегодняшний день регулирование долевого строительства является важной темой для физических и юридических лиц Российской Федерации ввиду вносимых изменений в законодательстве, обеспечивающих финансовые гарантии. К вопросу о приобретении объектов долевого строительства физические и юридические лица подходят по-разному, в зависимости от количества располагаемых средств. Для оптимизации издержек физические и юридические лица вкладывают денежные средства в объект долевого строительства на нулевом этапе. С одной стороны, это выгодно для участника долевого строительства, так как, даже если он не планирует в дальнейшем эксплуатировать объект долевого строительства, по завершению строительных работ, он имеет возможность реализовать его по более высокой

цене. [7] С другой стороны, необходимы финансовые гарантии, которые позволят обезопасить вложенные средства. Благодаря регулированию на законодательном уровне, у участников долевого строительства есть такие финансовые гарантии.

Рассмотрим долевое строительство в аспекте привлечения денежных средств физических лиц и обеспечения финансовыми гарантиями. Данный вид вложений становится выгодным, поскольку стоимость одного квадратного метра объекта долевого строительства на нулевом этапе на порядок ниже, чем цена квадратного метра в завершённом объекте долевого строительства. Это привлекает физических и юридических лиц, которые готовы приобрести жильё по более низкой цене. Однако существует ряд случаев, ставящих под угрозу вложенные средства, например, образование незавершённых объектов долевого строительства. [9] Для таких ситуаций необходимы финансовые гарантии, которые прописываются в трёхстороннем договоре между застройщиком, уполномоченным банком и участником долевого строительства с использованием счёта эскроу. Рассмотрим каждый термин из цепочки «застройщик – уполномоченный банк – участник» в представленной ниже таблице 1.

Таблица 1. Понятийный аппарат

Понятие	Сущность понятия	Источник
Застройщик	Хозяйственное общество – это некоммерческая организация, которая: 1. имеет опыт (не менее трех лет) участия в строительстве (создании) многоквартирных домов; 2. имеет в собственности или на праве аренды, на праве субаренды земельный участок и привлекает денежные средства участников долевого строительства для строительства (создания) на этом земельном участке многоквартирных домов и (или) иных объектов недвижимости, за исключением объектов производственного назначения, на основании полученного разрешения на строительство; 3. наименование которого содержит слова «специализированный застройщик».	1. Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ [1] 2. ЗК РФ Статья 39.10. [10] 3. Федеральный закон от 24.07.2008 N 161-ФЗ [11] 4. Закон РФ 15.04.1993 N 4802-1 [12]
Уполномоченный банк	1. банк, созданный в соответствии с законодательством РФ и включенный Банком России в перечень банков, соответствующих критериям, установленным Правительством РФ.	1. Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ [1]
Участники долевого строительства	1. это физические и юридические лица, вносящие денежные средства для долевого строительства многоквартирных домов и (или) иных объектов недвижимости на основании договора участия в долевом строительстве.	1. Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ [1]

Благодаря правовому регулированию обеспечивается безопасность отношений в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник» долевого строительства объектов недвижимости. Такие отношения регулирует Федеральный закон N 214-ФЗ. [1]

С 2019 года изменились отношения между субъектами долевого строительства. Была разработана система трёхстороннего договора с использованием эскроу счёта. С помощью такого договора уполномоченный банк может открыть специальный эскроу счёт с целью учитывать или блокировать денежные средства, полученные от депонента (депонент – владелец счёта), а затем передавать другому лицу, именуемому бенефициаром, при возникновении оснований, предусмотренных трехсторонним договором с использованием счёта эскроу. Правами на денежные средства, которые находятся на эскроу счёте, принадлежат депоненту до дат возникновения оснований для передачи денежных средств бенефициару. Распоряжение денежными средствами, находящимися на счете эскроу, осуществляется в порядке, предусмотренном настоящим параграфом (статья 860.7 “Договор счета эскроу” ГК РФ). [3] Система эскроу счетов означает, что участник долевого строительства передает денежные средства (на которые предполагает приобрести объект долевого строительства) уполномоченному банку, который, в свою очередь, несёт ответственность за их сохранность и передаёт застройщику только в том случае, если тот выполнил все обязательства в соответствии с договором. В противном случае уполномоченный банк возвращает вложенные денежные средства участнику долевого строительства, что позволяет избежать их потери.

На рисунке (рис. 1) представлена схема цепочки «застройщик – уполномоченный банк – участник» долевого строительства, раскрывающая взаимодействие субъектов долевого строительства с помощью трехстороннего договора и счёта эскроу. [6]

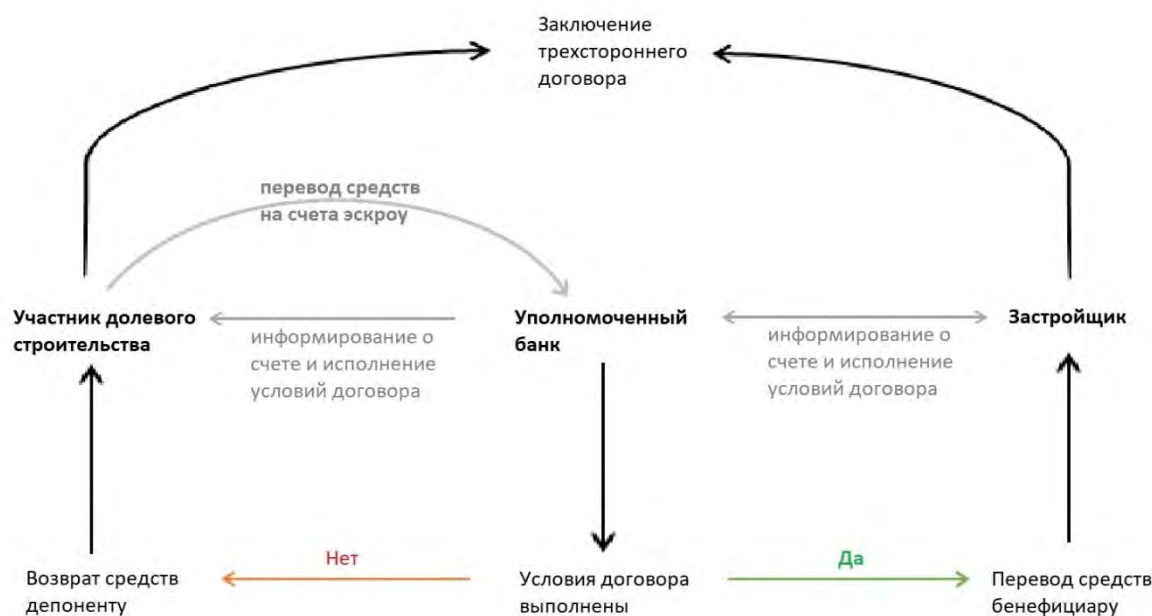


Рис. 1. Взаимодействие субъектов долевого строительства через трехсторонний договор с использованием счёта эскроу [6]

Порядок такого взаимодействия регламентирован статьями 18.2 и 15.4. Федерального закона N 214-ФЗ. [1]

Проанализировав этапы реализации законодательства по регулированию долевого строительства в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник» долевого строительства, можно сделать вывод, что внесённые изменения являются эффективными, не только с правовой точки зрения, но и с точки зрения изменения отношения участников долевого строительства, к самому долевого строительству. После того, как Федеральный закон N 214-ФЗ вступил в силу, заметен рост количества заключенных договоров долевого строительства. По данным Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и

картографии (Росреестра) на рисунке 2 представлена статистическая оценка зарегистрированных договоров долевого участия в строительстве.

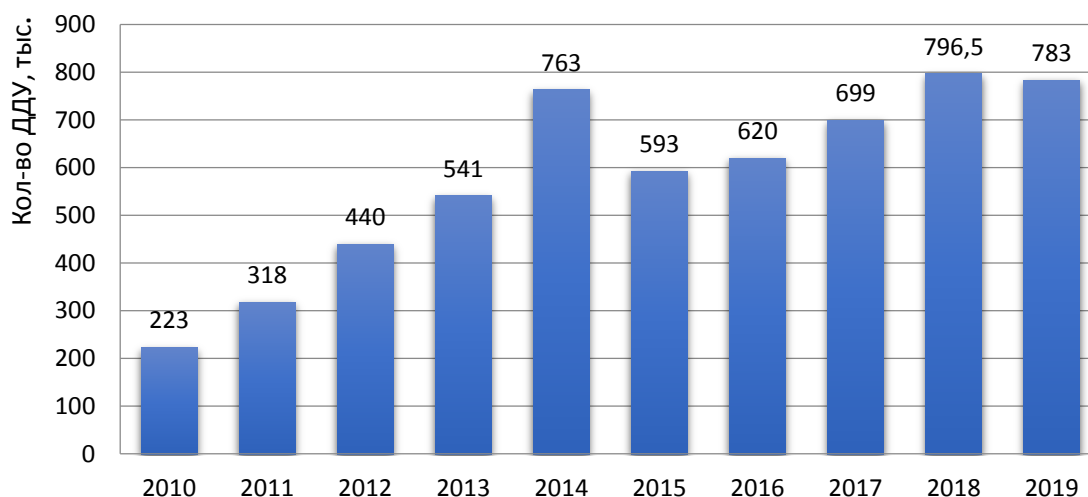


Рис. 2. Статистическая оценка зарегистрированных договоров долевого участия в строительстве [8]

Резюмируя вышесказанное, авторы настоящей статьи утверждают, что из обзора актуальных изменений Федерального закона N 214-ФЗ следует вывод о том, что в цепочке «застройщик – уполномоченный банк – участник долевого строительства» отныне присутствуют финансовые гарантии, призванные обезопасить вложенные участником долевого строительства средства. [1] Эти финансовые гарантии прописываются в трехстороннем договоре и предполагают использование счета эскроу. Система этих счетов в свою очередь предполагает передачу участником долевого строительства денежных средств уполномоченному банку, который отныне несет за них ответственность. Уполномоченный банк передает полученные средства застройщику в том случае, если тот выполнил все обязательства по договору. Таким образом, разработанная система трехстороннего договора с использованием счета эскроу обеспечивает безопасность и сохранность средств участников долевого строительства, предоставляя им финансовую гарантию. После введения вышеперечисленных изменений в 2019 году, участники долевого строительства получают финансовые гарантии на случаи, перечисленные в Федеральном законе N 214-ФЗ (образования незавершенного объекта долевого строительства, гибель объекта долевого строительства и т. д.). [1]

ЛИТЕРАТУРА

1. "Российская газета" от 31 декабря 2004 г. N 292, Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» /<https://base.garant.ru/12138267/>
2. "Российская газета" от 31 декабря 2004 г. N 292, Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации», Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 27.12.2019, с изм. от 28.04.2020), статья 860.7 «Договор счета эскроу», "Российская газета" от 2 ноября 2002 г. N 209-210, Федеральный закон от 26.10.2002 N 127-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "О несостоятельности (банкротстве)" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2020), статья 201.4. «Особенности предъявления участниками строительства требований при банкротстве застройщика», "Российская газета" от 2 августа 2017 г. N 169, Федеральный закон от 29.07.2017 N 218-ФЗ (последняя редакция) «О публично-правовой компании по защите прав граждан - участников долевого строительства при несостоятельности (банкротстве) застройщиков и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», статья 16 «О внесении изменений в Федеральный закон "Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации"».

3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 27.12.2019, с изм. от 28.04.2020), статья 860.7 “Договор счета эскроу”, / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/
4. "Российская газета" от 2 ноября 2002 г. N 209-210, Федеральный закон от 26.10.2002 N 127-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "О несостоятельности (банкротстве)" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2020), статья 201.4. “Особенности предъявления участниками строительства требований при банкротстве застройщика”, /<https://base.garant.ru/185181/dbddb101044a4418ba9fcf35194e29d2//>
5. "Российская газета" от 2 августа 2017 г. N 169, Федеральный закон от 29.07.2017 N 218-ФЗ (последняя редакция) «О публично-правовой компании по защите прав граждан - участников долевого строительства при несостоятельности (банкротстве) застройщиков и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», статья 16 «О внесении изменений в Федеральный закон "Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации"» /http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221171/
6. Велесевич С.С. Что изменится для покупателей новостроек с 1 июля [Электронный ресурс] / РБК, 2019. URL: /<https://realty.rbc.ru/news/5d1370f39a79474eb9a88a71/>
7. На каком этапе строительства лучше покупать жильё? [Электронный ресурс] // Новостройки Санкт-Петербурга и области. URL: <https://spbguru.ru/advice/549-na-kakom-etape-stroitelstva-luchshe-pokupat-zhile> (дата обращения: 10.10.2020)
8. Статистическая отчётность [Электронный ресурс] // Росреестр. URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/statisticheskaya-otchetnost/>
9. Количество долгостроев сократилось в 16 регионах России [Электронный ресурс] // NOVOSTROY. URL: <https://www.novostroy.ru/news/market/kolichestvo-dolgostroev-sokratilos-v-16-regionakh-rossii/>
10. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 31.07.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 28.08.2020), ЗК РФ Статья 39.10. “Предоставление земельного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, в безвозмездное пользование”, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/f6fb5e26212db7c34ed9e1fc1e33a10f57b19470//
11. "Российская газета" от 30 июля 2008 г. N 160, Федеральный закон от 24 июля 2008 г. N 161-ФЗ "О содействии развитию жилищного строительства" (с изменениями и дополнениями), /<https://base.garant.ru/12161615//>
12. "Российская газета" от 12 мая 1993 г., Закон РФ от 15 апреля 1993 г. N 4802-I "О статусе столицы Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями), / <https://base.garant.ru/316014//>

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АВАРИЙНОЙ ОПАСНОСТИ

О.Н. Медведева¹, А.Ю. Чиликин²

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77, medvedeva-on@mail.ru

²ООО Межрегионгаз Технологии, 194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 28, корп. 2, лит. Д, chilikin.063@gmail.com

Аннотация

Объектом исследования выступили сети газораспределения различных категорий давления, поставляющие газ коммунально-бытовым и промышленным потребителям от опорных пунктов газоснабжения, например, газораспределительных станций (ГРС), поскольку в процессе эксплуатации газовые сети подвергаются большому спектру нагрузок и воздействий, что, в сочетании с продолжительным периодом эксплуатации, приводит к снижению уровня надежности.

Целью исследования является оценка зависимости приведенных (дисконтированных) затрат в сооружение и эксплуатацию сети газораспределения от потенциальной аварийной опасности.

Как показали исследования, снижение аварийной опасности для используемых категорий давления в сети газораспределения по сравнению с более высокой категорией составляет 1,2 — 2,0 раза, в то же время происходит снижение приведенных затрат до 40 и более процентов.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема промышленной безопасности объектов газораспределительных систем и промышленности в целом входит в число приоритетных задач государственного управления (закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов №116-ФЗ», который обязывает предприятия предоставлять в органы надзора «Декларацию безопасности промышленного объекта», определяющую возможные риски возникновения аварийных ситуаций на объекте). Аварийная опасность эксплуатации сетей газораспределения (наземных, подземных, наружных, внутренних, городских, поселковых, межпоселковых, внутрипоселковых, распределительных, внутриквартальных, внутридворовых, внутридомовых и т.д.) оценивается, в том числе, объемом возможной аварийной утечки газа в зависимости от целого ряда условий: диаметра и длины газопровода, давления в газопроводе, площади сквозного отверстия и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке проектов газоснабжения городов и поселений на базе природного газа наиболее экономичным является перевод на газ всех категорий потребителей и использование газа на хозяйственно-бытовые, коммунальные нужды населения, технологические нужды предприятий, приготовление горячей воды, отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий, в качестве технологического и энергетического топлива в производственных процессах промышленных предприятий, на производственные нужды сельскохозяйственных объектов [1, 2].

Объем газификации городов и населенных пунктов предполагает производство строительно-монтажных работ по прокладке газопроводов—отводов от магистральных газопроводов, сооружение газораспределительных станций, межпоселковых газопроводов, городских и поселковых сетей газораспределения и газопотребления, установку пунктов редуцирования, газоснабжение жилых домов, коммунальных и промышленных объектов [3—5].

Как правило, на стадии предварительных исследований расчет потребности капитальных вложений в строительство различных вариантов схем топливоснабжения городов и поселений производится с использованием укрупненных технико-экономических показателей [3, 4].

В общем случае дисконтированные затраты в газораспределительную систему представляют сумму капитальных вложений и эксплуатационных расходов в отдельные элементы системы [6].

$$Z_{\text{инт}} = \sum_{\text{тн}}^{\text{тк}} K_t \alpha_t + \sum_1^{\text{тсл}} I_t \alpha_t, \quad (1)$$

где t_n, t_k — год начала и окончания строительства объекта (системы); $t_{\text{сл}}$ — срок службы объекта, лет; K_t, I_t — капитальные вложения в сооружения объекта и расходы по его эксплуатации в t -ом году, руб/год; $\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}$ — коэффициент приведения разновременных

затрат к базисному году; t — год, затраты которого приводятся к базисному году; E — норма прибыли на капитал (ставка банковского кредита), $1/\text{год}$.

В частном случае, если сооружение объекта осуществляется в период до одного года, а затем объект выходит на проектную эксплуатацию с постоянным уровнем эксплуатационных издержек, уравнение (1) трансформируется следующим образом [6]:

$$Z_{\text{инт}} = K + I \cdot \frac{(1+E)^{\text{тсл}} - 1}{(1+E)^{\text{тсл}} \cdot E}, \quad (2)$$

где $\frac{(1+E)^{\text{тсл}} - 1}{(1+E)^{\text{тсл}} \cdot E} = Y$ — дисконтирующий множитель.

При сравнении вариантов технических решений с разными единовременными и текущими затратами дисконтирующий множитель определяет допустимый срок окупаемости капитальных вложений, то есть «предельную меру увеличения единовременных затрат при снижении эксплуатационных издержек, при которой сравниваемым вариантам технических решений обеспечивается неотрицательный экономический эффект» [6].

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений за счёт ежегодной экономии на эксплуатационных издержках в общем случае имеет вид:

$$Z = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2} = \frac{\Delta K}{\Delta I}, \quad (3)$$

где K_2, K_1 — капитальные вложения в сравниваемые варианты технических решений; I_2, I_1 — расходы по эксплуатации сравниваемых вариантов технических решений.

Если $Z < Z_0$ дополнительные капвложения по второму варианту экономически оправданы. Здесь параметр Z_0 представляет предельный срок окупаемости капитальных вложений, устанавливаемый инвестором, или же принимается равным $Z_0 = Y$.

Следует отметить, что использование формулы (3) вносит в расчёт срока окупаемости элемент неопределенности, поскольку приведение к базисному году дисконтированием делает эксплуатационные затраты разными по величине — наибольшими они будут в первый год эксплуатации, а наименьшими — в последний год. Поэтому в формуле (3) в качестве расчётного значения экономии эксплуатационных затрат следует использовать среднюю величину $\Delta I_{\text{ср}}$ за период окупаемости дополнительных капитальных вложений [6]:

$$\Delta I_{\text{ср}} = \frac{\Delta I \cdot Y(Z')}{Z'}, \quad (4)$$

где Z' — срок окупаемости капитальных вложений с учётом дисконтирования затрат. Численное значение дисконтирующего множителя $Y(Z')$ при условии $t_{\text{сл}} = Z'$:

$$y(Z) = \frac{(1+E)^{Z'} - 1}{(1+E)^{Z'} \cdot E}. \quad (5)$$

Уравнение (5) решается относительно Z' методом итераций, при этом должно выполняться условие — срок окупаемости капитальных вложений должен отвечать условию: $Z' \leq t_{\text{сл}}$. В противном случае их дополнительная величина, имеющая место при втором варианте ($K_2 > K_1$) никогда не окупится.

В технико-экономических расчетах газораспределительных систем также используются годовые приведенные затраты:

$$Z = \alpha \cdot K + И, \quad (6)$$

где α — коэффициент эффективности капитальных вложений, определяемый по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{\sum_1^{t_{\text{сл}}} \frac{1}{(1+E)^t}} = \frac{(1+E)^{t_{\text{сл}}} \cdot E}{(1+E)^{t_{\text{сл}}} - 1}. \quad (7)$$

В соответствии с [3,4] при определении величины капитальных вложений и расходов по эксплуатации в элементы сети газораспределения следует учитывать плотность населения газоснабжаемой территории, оптимальное количество потребителей, получаемых газ от расчетного участка сети, режимы работы газоиспользующего оборудования, климатические условия эксплуатации и другие определяющие факторы.

Поскольку сооружение газопроводов-отводов и межпоселковых газопроводов сопровождается отчуждением и рекультивацией земель на трассе прокладываемого газопровода, в структуру дисконтированных затрат следует ввести стоимость этих мероприятий.

Также при получении зависимостей затрат необходимо учесть затраты на обход искусственных и естественных преград (обход оврагов, холмов, прудов, других природных и искусственных водоемов и препятствий природного и техногенного характера), а проектирование трассы газопроводов проводить из условия минимума затрат и возможности выбора оптимальной стратегии их развития и реконструкции, с учетом приоритетности потребителей газа и других определяющих факторов, в том числе фактора времени [2, 7, 8].

Дисконтированные затраты в газораспределительную сеть высокого (среднего) давления определяются по формуле:

$$\frac{Z_{\text{вд}}}{n} = \left[\left(a_{\text{вд}} \cdot \delta \cdot d_{\text{вд}} + b_{\text{вд}} + c_{\text{вд}} \right) \cdot d_{\text{вд}} \cdot \ell_{\text{вд}} + \left(\ell_{\text{вд}} \left(\left(a_{\text{вд}} \cdot \delta \cdot d_{\text{вд}} + b_{\text{вд}} + c_{\text{вд}} \right) d_{\text{вд}} \cdot \varphi + \mu \right) \sum_1^{t_{\text{сл}}} \frac{1}{(1+E)^t} \right) \right] \cdot \frac{1}{n}, \quad (8)$$

где φ — доля отчислений на амортизацию, $1/\text{год}$; μ — стоимость обслуживания 1 пм газопровода; $\ell_{\text{вд}}$ — длина газопровода, км; n — количество абонентов, снабжаемых газом от данного участка газораспределительной сети, кв; $d_{\text{вд}}$ — диаметр распределительных сетей высокого (среднего) давления, см; a, b — стоимостные параметры газопровода высокого (среднего) давления, имеющие размерности руб/(год·пм) и руб/(год·пм·см); $c_{\text{вд}}$ — стоимость прокладки газопровода высокого (среднего) давления

При турбулентном режиме движения газа в области гидравлической шероховатости труб для высокого и среднего давлений диаметр газопровода определяется по формуле, см:

$$d_{\text{вд}} = 0,825 \cdot \frac{Q_p^{0,38} \cdot \ell_{\text{вд}}^{0,19}}{(P_n^2 - P_k^2)^{0,19}}, \quad (9)$$

где P_H — абсолютное давление газа в начале газопровода, МПа; P_K — абсолютное давление газа в конце газопровода, МПа; Q_p — расчетный расход газа, м³/ч.

В частном случае дисконтированные затраты для газопроводов высокого (среднего) давлений при постоянном расчетном расходе газа и расчетной длине можно представить соответствующим соотношением:

$$Z_{вд} \propto \frac{1}{(P_H^2 - P_K^2)^{0,19}} \propto \frac{1}{\Delta P_{вд}^{0,19}}, \quad (10)$$

где $P_H^2 - P_K^2 = \Delta P_{вд}$.

В процессе эксплуатации газораспределительной системы аварийная опасность оценивается объемом возможного аварийного выброса или утечки газа в зависимости от следующих определяющих факторов: диаметр и эксплуатационная протяженность газопровода, категория давления, геометрический размер и форма аварийного отверстия в газопроводе и других условий [9, 10].

При повреждении газопровода высокого (среднего) давления объем выброса газа, м³/ч, можно определить по формуле:

$$V_{ут} = \rho_g \cdot \pi \cdot g \cdot \vartheta \cdot d^2 \cdot \varphi \cdot P_{ав} \cdot C, \quad (11)$$

где ρ_g — плотность газа, кг/м³; g — ускорение силы тяжести; ϑ — коэффициент расхода газа через отверстие неправильной формы с необработанными краями; d — диаметр отверстия повреждения газопровода, см; φ — числовой коэффициент, определяемый по известным зависимостям при истечении газа в атмосферу и при избыточном давлении перед отверстием до 0,08 МПа [9, 10, 11]; $P_{ав}$ — абсолютное давление газа внутри газопровода перед отверстием повреждения, МПа; C — числовой коэффициент, характеризующий размер повреждения газопровода, принимается как доля площади поперечного сечения трубы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки взаимного влияния дисконтированных затрат и выбросов газа были проведены сравнительные расчеты по принятым в настоящее время категориям давлений газа. Как показывают результаты расчетов по приведенным выше зависимостям, повышение давления газа в газопроводах позволяет снизить материальные затраты и уменьшает потенциальную аварийную опасность.

Дополнительное снижение металло– (материало–) емкости газовых сетей (до 10—15 % при снижении их стоимости до 4—5 %) можно достичь оптимальным распределением расчетного перепада давления между участками сети в зависимости от характера планировки и застройки населенного пункта [3]. Эксплуатационная и проектная практика научно-исследовательского и проектного института АО «Гипрониюгаз» и исследования, проведенные Фастовым Л.М. [10], доказывают, что при работе сети газораспределения не всегда удается полностью использовать расчетный перепад давления, величина которого регламентирована нормативными документами в размере 1800 Па ($\Delta P = 1$). Это обстоятельство также было учтено при проведении сравнительных расчетов — расчеты проводились для следующих значений ΔP : $\Delta P = 1$; $\Delta P = 0,75 \cdot \Delta P$; $\Delta P = 0,5 \cdot \Delta P$; $\Delta P = 0,25 \cdot \Delta P$.

Анализ полученных результатов показал, что неполное использование располагаемого расчетного перепада давления заметно увеличивает дисконтированные затраты в устройство системы, одновременно повышая опасность утечек газа. Так, например, при использовании расчетного перепада давления на 75 % ($0,75 \cdot \Delta P$), для высокого (среднего) давления газа в газопроводе затраты возрастают почти на 5—10 %, а опасность утечки газа увеличивается на 10—20 %.

ВЫВОДЫ

Выявление утечек газа при нарушении герметичности газопроводов в процессе эксплуатации или возникновении аварийных ситуаций является сложной задачей. Помимо усовершенствования приборных методов обнаружения утечек и проверки герметичности запорно—регулирующей арматуры, улучшения системы одоризации и учета расхода газа важную роль играют количественные методы определения утечек, позволяющие установить наличие и определить величину аварийного выброса газа, в том числе на труднодоступных участках сети газораспределения и установить степень срочности устранения аварийной ситуации.

Кроме этого применение одноступенчатых сетей газораспределения — подача газа потребителям осуществляется по газопроводам высокого (среднего) давления, а снижение давления газа перед подачей в здание производится в пунктах редуцирования, оборудованных домовыми регуляторами давления — является важным резервом повышения экономической эффективности газораспределительных систем [2]. Целесообразность и эффективность применения одноступенчатых газораспределительных систем в качестве альтернативы двухступенчатым системам доказана многолетним зарубежным опытом эксплуатации и результатами их апробации в отечественной практике [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по выбору оптимальных параметров схем газоснабжения АССР, краев и областей РСФСР. Саратов: ГипроиниГаз, 1986. 102 с.
2. Медведева О.Н. Оптимизация структуры распределения газового топлива // Вестник гражданских инженеров. 2009. № 4 (21). С. 73—76.
3. Курицын Б.Н., Медведева О.Н. Оптимизация распределительных систем газоснабжения малых населенных пунктов // Инженерные системы. АВОК — Северо-Запад. 2006. № 3. С. 36—40.
4. Медведева О.Н., Осипова Н.Н. Газоснабжение населенных пунктов. Саратов: СГТУ, 2011. 104 с.
5. Табунщиков Ю.А., Коптев Д.В., Жила В.А., Ключко А.К. Выбор эффективных систем газораспределения // Вестник МГСУ. №8. 2011. С. 222—229.
6. Курицын Б.Н. Оптимизация систем теплогазоснабжения и вентиляции Саратов: Сарат. гос. ун-т, 1992. 159 с.
7. Торчинский Я.М. Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем. Л.: Недра, 1988. 239 с.
8. Удовенко В.Е. Технологическая структура энергоснабжающих систем // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы межд. научн.-техн. конф. М.: МГСУ, 2005. С. 17—22.
9. Коляда И.А., Гофман-Захаров П.М. Герметичность газопроводов и определение утечки газа. М.: Гостехиздат, 1960. 68 с.
10. Фастов Л.М. Пути повышения надежности и безопасности эксплуатации систем газоснабжения: монография. М.: ЦБНТИ, 1984. 39 с.
11. В.А. Кириллилин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. Техническая термодинамика. М.: Издательство МЭИ, 2008. Режим доступа: <http://twf.mpei.ac.ru/ТТНВ/2/KiSyShe/rus/contents.html>. Дата обращения: 10.10.2020

РОЛЬ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В ФИНАНСИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Е.В. Нежникова¹, А.А. Судакова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337 г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹*NezhnikovaEV@mgsu.ru*

²*SudakovaAA@mgsu.ru*

Аннотация

В статье рассматривается развитие системы ипотечного кредитования на современном этапе и его роль в финансировании объектов жилищного строительства. Многие проблемы организации и финансирования жилищного строительства в крупных городах остаются малоизученными, тогда как формы и методы инвестирования в этой сфере капитального строительства постоянно совершенствуются, развиваются и трансформируются. В результате исследования был проведен анализ понятийного аппарата ипотечного кредитования жилищного строительства, существующих ипотечных программ, механизм взаимодействия ипотечного кредитования и банков, системы ипотечного кредитования финансирования строительства, разработаны научно-практические рекомендации по совершенствованию системы ипотечного кредитования. Результаты исследования могут быть внедрены в деятельность кредитных учреждений и могут послужить основой для создания стратегии развития ипотечного кредитования с целью обеспечения доступности жилья.

ВВЕДЕНИЕ

Ипотечное жилищное кредитование выступает важнейшим фактором в социальной политике государства, одновременно стимулируя спрос населения и предложение со стороны строительных компаний. Жилищная проблема населения будет эффективно решаться с помощью грамотно выстроенной системе выдачи ипотечных кредитов, которая является важнейшей задачей в социальной сфере. С помощью ипотечного кредитования, население, у которых финансовое положение не позволяет взять недвижимость за наличные деньги или другие собственные средства, будет обеспечено жилой площадью, данный способ приобретения жилья является альтернативным. Ипотечное кредитование также стимулирует молодых людей на создание семьи, что позитивно влияет на демографическую ситуацию в России[1].

Важной функцией ипотечного кредитования является развитие рынка недвижимости и банковского сектора. Банки постоянно совершенствуют ипотечные программы для населения, снижают процентные ставки и привлекают новых клиентов. Благодаря активным действиям банков ипотечный кредит пользуется большой популярностью в современных условиях [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современные условия рынка ипотечного кредитования в России характеризуются развитием важных социально-ориентированных программ, таких как военная ипотека, ипотека с использованием материнского капитала, который является формой государственной поддержки семей, в которых родился или усыновлен ребенок. Также производятся выплаты на последующих детей. В 2020 году он был проиндексирован впервые за последние 4 года, таким образом, семья может рассчитывать на материальную помощь государства в размере 466 617 рублей на первого ребенка. Одним из главных направлений тенденций развития

ипотеки в России являются социально значимые программы, так как очевидно, что заемщики стремятся снизить процентные ставки и сумму долга. Кроме того, использование права на налоговый вычет является еще одним способом уменьшения суммы кредита.

Налоговые вычеты начисляются на сумму процентов, уплаченных по целевому ипотечному кредиту. Государство может выплатить гражданам 13% от всех уплаченных процентов по ипотеке. Максимальный размер полученного налогового вычета за текущий год составит 390 000 рублей. Государство дает эту сумму при покупке недвижимости до 3 миллионов рублей [3].

Для развития ипотечного кредитования государство стремится разработать меры по поддержке населения. Для покупки строящегося или вторичного жилья разработана новая программа «Господдержка 2020» по выдаче ипотеки. ЦБ РФ 24 апреля 2020 года снизил ключевую ставку по процентам, в связи с пандемией и падением цен на нефть. На рис. 1 показана динамика средневзвешенных процентных ставок по ипотеке с 2012 по июнь 2020 г. [4].

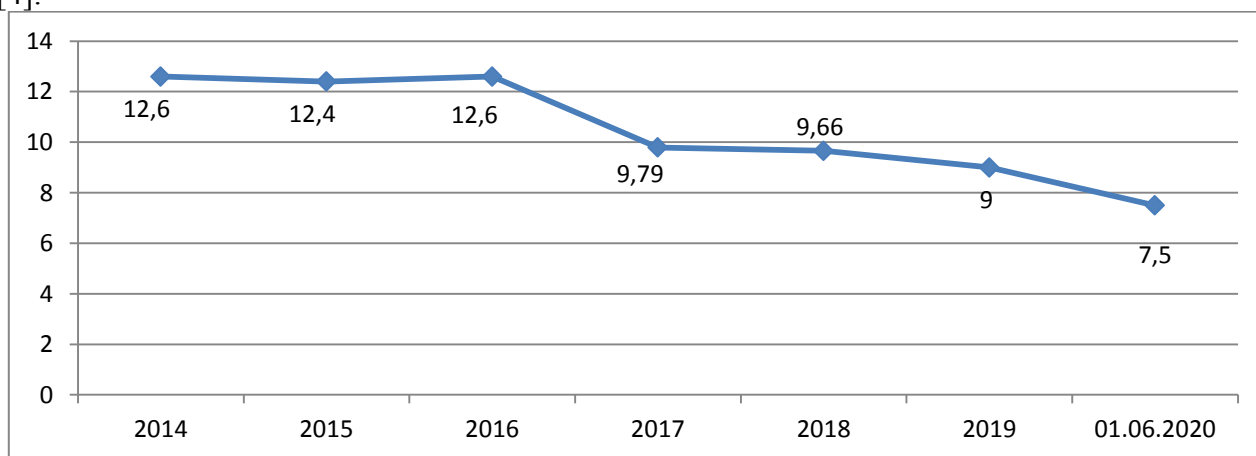


Рис. 1. Динамика средневзвешенных процентных ставок по ипотеке

По данным Банка России, представленным на рисунке 1, можно говорить о значительном снижении ипотечной средневзвешенной ставки выдачи с 12,6 % в 2016 г. до 7,5 % в июне 2020 г. В течение 2020 г. ставки выдачи по ипотеке снизились до рекордного уровня за всю историю Российской Федерации, что в свою очередь было обусловлено снижением ключевой ставки (до 4,25 %). В рамках текущей ситуации при формировании планируемых мероприятий регулятора, направленных на снижение влияния пандемии коронавируса и волатильности (изменчивости) на финансовых рынках на финансовый сектор, экономику и население, сложно прогнозировать тенденцию динамики изменения ключевой ставки, включая прогноз ставок по ипотеке в 2020 г.

В сложившейся ситуации в 2020 году не у всех оказалась загородная недвижимость, которая сейчас является не для всех доступной. По опросу ВЦИОМ (всероссийский центр изучения общественного мнения), около 60% выразили желание иметь загородный дом [5]. Во многих банках существуют программы на покупку загородной недвижимости, однако получить ипотечный кредит с такой целью сложнее, чем ипотеку на квартиру. Так как спрос на недвижимость за городом и частные дома растет, банки будут предлагать более выгодные ипотечные условия по данным программам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Важным направлением развития рынка ипотечного кредитования является внедрение новых технологий, крупные банки разрабатывают собственные платформы, приложения для поиска, оформления и выдачи кредитов, как, например, ДомКлик от Сбербанка, который вошел в топ-3 площадок недвижимости России, а по количеству объявлений о продаже квартир на вторичном рынке занимает первое место в России.

Использование облачных технологий в ипотечном кредитовании будет способствовать сокращению времени отклика и повышению доступности и обеспечению безопасности данных клиентской базы. Таким образом, заказчик сможет удовлетворить свои потребности в любой точке мира, в любое время и через любой канал связи. Еще одно технологическое новшество - внедрение технологии блокчейн. Данная технология используется для хранения транзакций и повышения прозрачности транзакций и их безопасности. Например, в случае возникновения спорных вопросов на вторичном рынке о предыдущих владельцах, системе документооборота, блокчейн система поможет разрешить конфликтные ситуации. С внедрением этой технологии банки смогут снизить затраты на выдачу ипотечных кредитов, а заемщики смогут контролировать все операции. Цифровая трансформация ипотечного рынка - одна из основных тенденций 2020 года на ипотечном рынке.

Следующим направлением в улучшении ипотечных кредитов идут инвестиции. Инвестиции в рынок недвижимости, строительство - это выгодный вариант вложений, поскольку период между выдачей кредита и получением объекта короче, чем, например, выдача ипотечного кредита на другие цели, на совершенствование промышленных комплексов. Развитие рынка недвижимости положительно скажется на экономике России[8].

Новая модель финансирования жилищного строительства может привести к росту банкротств среди застройщиков. У крупных компаний гораздо больше шансов получить проектное финансирование, чем у мелких участников девелоперского рынка. Чтобы снизить такие последствия, застройщикам необходимо разработать механизм финансовой помощи для завершения строительства проблемных объектов. По этой причине происходит переход к кредитному механизму финансирования жилищного строительства.

При запуске новых проектов и переходе на использование эскроу-счетов привлеченные средства дольщиков будут заменены банковским кредитованием. Ожидается, что в ближайшие 2-3 года объем кредитных средств, необходимых для финансирования отрасли, вырастет на 0,6 трлн. руб. в 2019 году до 4,5 трлн. руб. к 2022 году (рис. 2), а к 2024 году ожидается увеличение этого показателя до 6,4 трлн. руб. [5].

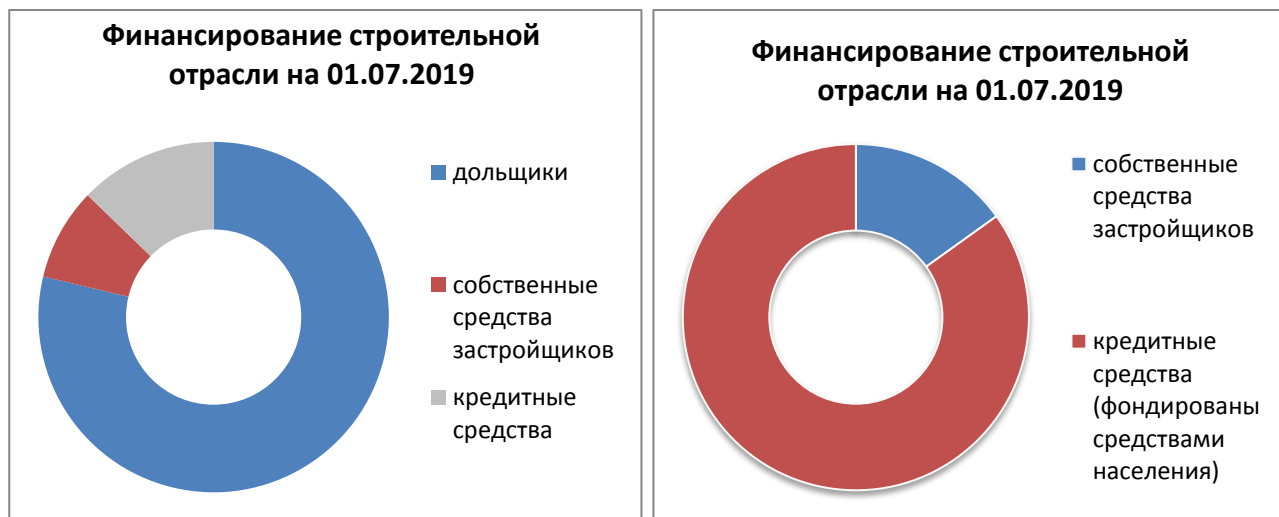


Рис. 2. Источники финансирования строительной отрасли

Для содействия переходу на эскроу-счета и акцент на кредитное финансирование Банком России с участием Минстроя России и АО «ДОМ.РФ» разработан ряд рекомендаций для коммерческих банков и застройщиков с целью выработки оптимального их взаимодействия в рамках реализации проектного финансирования. Так, планируется установления определенного срока рассмотрения документов банком, при этом застройщикам необходимо обеспечить наличие необходимого пакета документов для подачи

заявки, а также, появился новый механизм защиты ипотечных заемщиков – физических лиц, — «ипотечные каникулы».

К тенденциям развития ипотечного кредитования в России относят сотрудничество банков со сторонними организациями, такими как риэлтерские компании. Сфера риэлтерских услуг обширна и пользуется активным спросом как среди покупателей, так и среди продавцов. Сотрудничество между ними улучшает качество оказываемых услуг, повышает лидогенерацию и количество сделок в сфере ипотечного кредитования [8].

После объединения CRM-систем двух или нескольких организаций получится одна большая, что упрощает задачу по привлечению новых клиентов, а также позволит предоставить конечному потребителю наиболее выгодные условия, сократить его время на выбор недвижимости. Такая тенденция наблюдается в последние несколько лет.

ВЫВОДЫ

Таким образом, ипотека для многих становится единственным вариантом улучшения жилищных условий, активное развитие ипотечного кредитования положительно сказывается на других рынках и сферах жизни. Реализуя льготные программы ипотечного кредитования, государство помогает решить ряд проблем: банк получает необходимые средства, застройщик реализует недвижимость, молодые семьи получают жилье, а государство тем самым снижает социальную напряженность. Посредством инструментов государственной поддержки рынка ипотечного кредитования государство оказывает поддержку российской банковской системе, а также способствует развитию рынка ипотечного кредитования и рынку жилищного строительства. Среди многих тенденций развития ипотечного кредитования в России можно выделить наиболее важные: поддержка со стороны государства, снижение процентной ставки, клиентоориентированность и внедрение новых технологий [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарова Л.Б. Ипотечное жилищное кредитование и страхование. Учебное пособие для магистров // М.: Прометей, 2019. – 23 с.
2. Горемыкин В.А. Ипотечное кредитование // М.: МГИУ, 2017. – 367 с.
3. Гусев А.П. Ипотечное жилищное кредитование: жилье займы // Ростов н/Д.: Феникс, 2020. – 93 с.
4. Ашурбекова З.Н., Магомедова П.А. Состояние и направления развития российского ипотечного кредитования в 2020 г. // Научный электронный журнал «Меридиан» / 2020. №11(45), с.258-260.
5. Аналитический обзор. ВЦИОМ [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://wciom.ru/> (дата обращения 20.07.2020)
6. Новые технологии. ДомКлик от Сбербанк России [Электронный ресурс] - режим доступа: <https://domclick.ru/> (дата обращения 19.07.2020)
7. Аналитический Центр по ипотечному кредитованию и секьюритизации. Ипотечный информер [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://rusipoteka.ru/informers/> (дата обращения 19.07.2020)
8. Риэлторская деятельность. РосБизнесКонсалтинг [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.rbc.ru/> (дата обращения 20.07.2020)
9. Разумова И.А. Ипотечное кредитование // СПб.: Питер СПб, 2018. – 304 с.

СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУР СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К ПОСЛЕДСТВИЯМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

А.К. Шрейбер¹, И.Л. Абрамов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹ShreiberAK@mgsu.ru

²AbramovIL@mgsu.ru

Аннотация

Масштаб проблемы устойчивости строительных предприятий значительно увеличил кризис, начавшийся в 2014 году и усилившийся после введения секторальных санкций в отношении Российской Федерации и карантинных мероприятий, проводившихся в процессе развития пандемии Covid-19. Условия неопределенности, в которых осуществляют производственную деятельность строительные предприятия, отягощены рисками (традиционными и новыми), многие из которых являются непредсказуемыми и влекут за собой труднопреодолимые последствия: срыв заключения и расторжения контрактов вследствие снижения инвестиционных возможностей государственных и частных заказчиков, а также потребительского спроса населения; срыв сроков строительства и «замораживание» объектов вследствие роста затрат на строительство и убыточности производственной деятельности. Результатом сложившейся ситуации явились массовые банкротства и уход с рынка значительного количества строительных предприятий.

Цель настоящей статьи заключается в изучении проблем, связанных с устойчивостью строительных предприятий, сохранение которой приобретает особую актуальность в контексте современных реалий.

Предполагается, что устойчивость строительных предприятий может быть обеспечена путем системно-динамической адаптации организационной и производственной структур строительного предприятия к последствиям неопределенности.

В результате были определены общие требования к оценочным показателям и критериям устойчивости, сформулированы основные задачи строительного предприятия и даны рекомендации, выполнение которых позволит эффективно осуществлять производственную деятельность в условиях неопределенности.

ВВЕДЕНИЕ

На совещании по вопросам развития строительной отрасли президент Российской Федерации указал, что строительство относится к ключевым, базовым отраслям, которые определяют динамику развития национальной экономики, обеспечивают занятость и доходы миллионов граждан. Было отмечено, что строительная отрасль в современных условиях переживает тяжелейший кризис и государство должно обеспечить ее поддержку с учетом того, что отрасль замыкает на себя большое количество предприятий: крупных, средних, малых компаний из смежных секторов, таких как производство стройматериалов, техники, металлургия, деревообработка, химия и других. Именно строительство в настоящей ситуации общего падения ВВП должно явиться «локомотивом экономики страны», обеспечив рост промышленного производства[1].

Президент утвердил подготовленные правительством по его поручению первоочередные меры поддержки строительной отрасли, а также обратился к руководителям предприятий и регионов и указал, что на местах обязательно надо учитывать специфику строительной отрасли, необходимость непрерывного режима работы, особенно на ключевых, жизненно важных объектах, принимать гибкие решения.

Главная цель любого строительного предприятия – получение максимальной и стабильной прибыли от реализации продукции и услуг в различных условиях для удовлетворения обязательств по налогообложению, интересов собственников и трудового коллектива. Предприятие должно своевременно выполнять свои обязательства перед бюджетом, заказчиками, работниками и поставщиками материальных ресурсов. За счет прибыли оно обеспечивает стабильное финансовое положение и дальнейшее развитие производства. В создании прибыли принимают участие практически все подсистемы системы управления строительным предприятием. Однако первичным и основным источником дохода и прибыли является строительное производство, в ходе функционирования которого создается и реализуется строительная продукция – объекты строительства, выполняются строительномонтажные работы. Следовательно, свойство «устойчивость» системы «строительное предприятие» – его способность поддерживать необходимый уровень результативности, чтобы своевременно выполнять свои обязательства, в значительной степени зависит от долговременного, стабильного, эффективного функционирования его управляемой подсистемы – строительного производства.

А долговременное результативное функционирование строительного производства зависит от его грамотной организации и обеспечивается системой управления, кооперацией с другими производственными системами, внутренними резервами и возможностью приспосабливаться к изменяющимся условиям производственной деятельности (гибкостью системы).

Основной причиной непланируемой вариабельности показателей, характеризующих производственную ситуацию - условия производственной деятельности строительного предприятия и, как следствие, вариацию результатов строительного производства, являются неопределенность и риски строительного производства.

Неопределенность – это условия деятельности строительного предприятия, поведение участников строительства и ситуации, не поддающиеся оценке, усложняющие выбор вариантов принятия решений. Если вероятность ожидаемого события неизвестна, оно может непредсказуемо развиваться и наступить, то есть имеет место неопределенность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рост обанкротившихся строительных предприятий свидетельствует о том, что эффективные механизмы обеспечения устойчивости, соответствующие современным условиям, в практике строительного производства не применяются. Следовательно, задачи разработки и внедрения методов и методик совершенствования организации и управления строительным производством в целях обеспечения устойчивости строительных предприятий являются актуальными и востребованными.

В основу исследования легла гипотеза о том, что устойчивость строительных предприятий может быть обеспечена путем системно-динамической адаптации организационной и производственной структур строительного предприятия к последствиям неопределенности.

Оценка и управление устойчивостью строительного предприятия в контексте парадигмы статистического мышления базируются на данных динамики вариабельности результатов строительного производства, оценочных показателях производственной, организационной, технической и других видов деятельности строительного предприятия[2-4].

Из вышеизложенного следует, что анализ состояния устойчивости строительного предприятия может быть осуществлен при помощи статистических методов, на основании оценок результативности деятельности предприятия.

Устойчивое строительное предприятие демонстрирует стабильные вариационные характеристики результатов деятельности во времени. Вариация показателей не выходит за установленные границы и отражает изменения, присущие собственно процессу строительного производства[5].

Неустойчивость предприятия сопровождается избыточной вариацией производственных результатов и вызывается, как правило, внешними факторами.

Устойчивым состояние предприятия можно назвать тогда, когда, используя прошлый опыт, с достаточной степенью точности удается спрогнозировать его положение в будущем.

Для строительного предприятия оценка устойчивости характеризуется состояниями:

- устойчивым, когда все или определяющее большинство оценочных показателей результативности демонстрируют статистическую управляемость и их значения не выходят за контрольные пределы;

- состояние потери устойчивости, когда значительная часть (большинство) оценочных показателей потеряли статистическую управляемость.

Наиболее сложными случаями оценки являются пороговые состояния (близкие к пороговому) устойчивости строительного предприятия. Для дифференциации состояния строительного предприятия по степени близости к пороговому состоянию потери устойчивости необходимо разработать правила и методы вероятностной оценки запаса устойчивости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С точки зрения системного подхода и статистического мышления, с учетом опубликованных авторами ранее работ и методов исследования устойчивости определены общие требования к оценочным показателям и критериям устойчивости строительного предприятия.

Первое. Показатели - индикаторы и критерии, используемые для качественной стороны и количественной оценки устойчивости, должны быть едиными.

Второе. Показателей должно быть достаточно для всесторонней оценки многомерного эмерджентного свойства устойчивости. Тем не менее их количество должно быть ограничено для удобства практического применения.

Третье. Показатели должны соотноситься с системой показателей, принятой для оценки результатов производственно-хозяйственной деятельности строительного предприятия, основываться на действующем порядке учета и отчетности.

Четвертое. Основу системы показателей должны составлять показатели производственного и технического состояния строительного предприятия и организационно-управленческих процессов, поскольку именно они определяют устойчивость как характеристику качественного состояния организационно-производственной системы.

Каждое строительное предприятие в процессе производственной деятельности сталкивается с непредвиденными ситуациями, которые приводят к потере устойчивости.

В результате создаются угрозы увеличения продолжительности строительства и падения эффективности производства.

Устойчивость строительного предприятия во многом зависит от равномерности загрузки его объемами работ.

Неопределенность производственной загрузки строительного предприятия может быть выражена с помощью количественной оценки риска отклонений от плановых параметров.

Неопределенность в строительстве возникает из-за отсутствия необходимой информации или изменчивости текущих условий. К основным видам неопределенности относят:

- кооперацию между участниками строительства;
- потребности в материально-технических и трудовых ресурсах для осуществления строительно-монтажных работ в условиях возникновения изменений производственной загрузки;
- прогнозы в оценочных показателях реализации инвестиционных строительных проектов.

Кроме того, неопределенность возникает в результате нарушения сроков поставок строительных материалов, конструкций, а также в зависимости от количества, состава и

квалификационного уровня бригад для выполнения строительно-монтажных работ.

Данные дестабилизирующие факторы строительного производства приводят к рискам, которые также влияют на устойчивость строительных предприятий [1,2]. Другими словами, неопределенность и дестабилизирующие факторы строительного производства приводят к рискам, влияющим на показатель устойчивости строительных предприятий.

ВЫВОДЫ

При достаточно высоком уровне организации и управления деятельностью строительного предприятия влияние дестабилизирующих факторов и рисков снижается. Тем не менее следует предпринимать меры по снижению вероятности возникновения рисков, а в лучшем случае свести их возникновение к минимуму. Это может быть достигнуто путем получения достоверной информации, отражающей состояние производства. Однако на практике в процессе реализации строительного проекта получить необходимую информацию сложно, поэтому нужна разработка дополнительных мероприятий для адаптации организационной и производственной структур строительного предприятия к последствиям неопределенности.

К таким мероприятиям следует отнести организацию дополнительных источников информации, автоматизированный сбор и обработку информации, оперативный анализ информации, контроль за достоверностью информации.

Основные задачи строительного предприятия:

- Повышение устойчивости к воздействию разнохарактерных факторов;
- Сокращение продолжительности строительства;
- Повышение производительности труда;
- Сокращение незавершенного строительства;
- Достижение требуемого качества строительно-монтажных работ;
- Внедрение инновационных технологий;
- Снижение себестоимости строительных и монтажных работ;
- Улучшение качества законченной продукции;
- Разработка и обеспечение стратегии развития предприятия в краткосрочной и среднесрочной перспективе;
- Повышение квалификации специалистов с одновременным увеличением оплаты труда.

Важными условиями осуществления производственной деятельности и развития строительных предприятий являются: разработка новых приоритетов и стратегии их функционирования, освоение методов комплексного маркетинга, формирование компетентного управленческого персонала, обладающего стратегическим мышлением, необходимыми знаниями, навыками и производственным потенциалом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иноземцев В. Кризис в строительстве: что должно предпринять государство? [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.google.ru/amp/www.forbes.ru/amp/344525> (дата обращения: 08.06.2020).
2. Shreyber A., Abramov I. Innovations as a factor for the sustainable functioning of a construction company // IOP conference series: earth and environmental science International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020 Издательство: Institute of Physics Publishing.
3. Асаул А.Н. Активизация инновационной деятельности в строительстве как фактор развития территории // Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов X Международной конференции ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2016. — 834 с.
4. Лapidус А.А., Абрамов И.Л. Устойчивость организационно-производственных систем в условиях рисков и неопределенности строительного производства // Перспективы науки. — 2018. — № 6 (105). — С. 8–11.
5. Морозенко А.А. Формирование оптимальной с точки зрения устойчивости организационной структуры инвестиционно-строительного проекта // Промышленное и гражданское строительство. — 2012. — № 12. — С. 33-34.
6. Гараедаги Дж. Системное мышление. Как управлять хаосом и сложными процессами. Платформа для моделирования архитектуры бизнеса. — Минск: Гревцов Букс, 2010. — 480 с.
7. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. М.: Альпина Паблицер, 2016. — 410 с.
8. Сенге П. Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации / Питер Сенге [пер. с англ. Б. Пинскера, И. Татариновой]. - Новое пересмотренное и доп. изд. - Москва: Олимп-Бизнес, 2009. - 417 с.