

СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Студентка магистратуры 2 года обучения 2 группы ИСА Абдулразак Р.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. Д.Г. Уткин*

ЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЭЦ В Г. МОСКВА

Здание ТЭЦ (Рис. 1) имеет сложную форму в плане и состоит из следующих частей: машинное отделение, котельное отделение, вспомогательной двух-трехэтажной части и одно-трехэтажных пристроек.

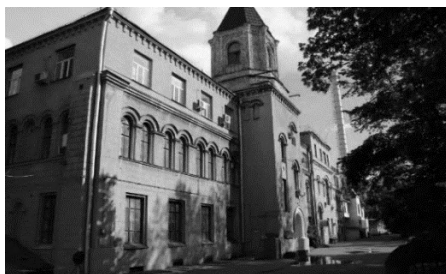


Рис. 1. Общий вид фасада обследуемого здания по оси «А»

Конструктивная схема здания – каркасная с несущими стенами (Рис.2), несущие стены кирпичные и имеют пилястры для опирания вышележащих стропильных ферм покрытия, по которым уложены сборные плиты покрытия, перемычки над оконными и дверными проемами выполнены кирпичными арочными, стальными и железобетонными, фундаменты под несущими стенами – ленточные кирпичные, под колоннами – монолитные железобетонные столбчатого типа, перекрытие сборно-монолитные, колонны- металлические.

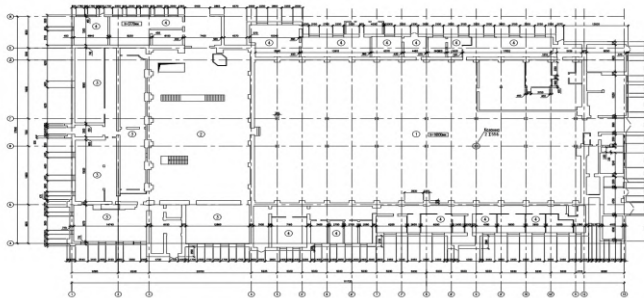


Рис. 2. план 1-го этажа обследуемого здания

При обстреливании несущих и ограждающих конструкций здания были выявлены множество малозначительных и значительных дефектов и повреждений таких как: многочисленные вертикальные и наклонные трещины, нарушение целостности кирпичной кладки, выпадение замковых кирпичей, выпадение отдельных кирпичей стен, отсутствие отмостки по периметру здания, коррозия металла, сквозные отверстия в стенках металлических колон, искривление горизонтальных и вертикальных связей, отсутствие обрамления проемов в плиты перекрытия, оголение и обрезание рабочей арматуры, обрушение и потеря монолитности отдельных швов между сборными плитами перекрытия, подвижка и деформация отдельных узлов стропильной системы, отрыв гидроизоляционного ковра от основания и др/ (см. Рис.3)

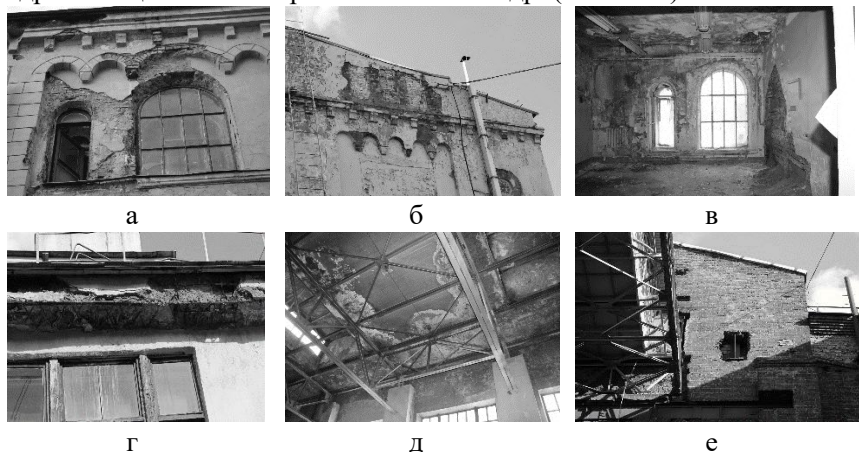


Рис.3. Характерные дефекты и повреждения здания

- а) Разрушение кирпичной кладки оконных арочных кирпичных перемычек, отсутствие распора арок; б) Локальные разрушения кирпичной кладки; в) Замачивание, разрушение отделочного слоя конструкций; г) Разрушение бетона с оголением арматуры карнизной части стены; д) Механические и коррозионные повреждения монолитных железобетонных плит покрытия; е) Проемы, отверстия, локальные разрушения в кирпичной кладке.

Для оценки технического состояния, несущей способности и возможности дальнейшей эксплуатации несущих конструкций помимо выявленных дефектов, и повреждений были выполнены статические и поверочные расчеты несущих элементов каркаса. Результаты выполненных поверочных расчетов показывали, что все нагрузки, действующие на несущие конструкции, не превышают предельно допустимых значений. Максимальный коэффициент использования равен 0,95.

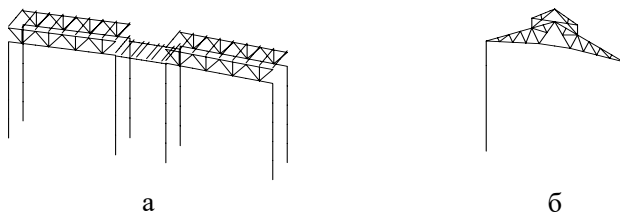


Рис.4. К расчету котельного и машинного помещений

- а) Расчетная схема пространственной рамы котельного помещения
 б) Расчетная схема плоской рамы машинного помещения

По результатам обследования была выявлено что основными причинами выявления дефектов и повреждений являются: естественный физический износ, нарушение правил эксплуатации помещений и некачественное выполнение строительно-монтажных работ. Для дальнейшей нормальной эксплуатации здания необходимо выполнить работ по восстановлению, усилению или замене поврежденных конструкций, основываясь на нормативах и научных методиках [1-6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 00162. Бедов В.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений.
2. 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.
3. 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.
4. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.
5. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
6. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.

ПОВЕДЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ С ОТВЕРСТИЕМ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Отверстия в железобетонных плитах значительно снижают жесткость элемента. Существуют разные техники усиления плит с отверстиями.

Введение отверстий в плитах влияет на несущую способность плит и их способность противостоять перемещению и эксплуатационным нагрузкам; поэтому у проектировщиков должно быть решение для управления такими потерями и их компенсации [1, 2].

Сегодня использование углепластика в качестве внешнего армирования для усиления существующих плит за счет отверстий становится все более популярным, отчасти из-за простоты установки, а отчасти из-за экономии места. Несмотря на то, что углепластик используется для усиления отверстий, было проведено очень мало исследований структурного поведения плит с отверстиями. Casadei et al. (2003) ANSYS (2011) сообщил о серии испытанных односторонних плит с отверстиями, усиленными углепластиком [3, 4, 5].

Структурный анализ с использованием метода конечных элементов FEM с помощью ABAQUS:

Для достижения основных целей этого исследования были разработаны трехмерные модели конечных элементов железобетонных плит.

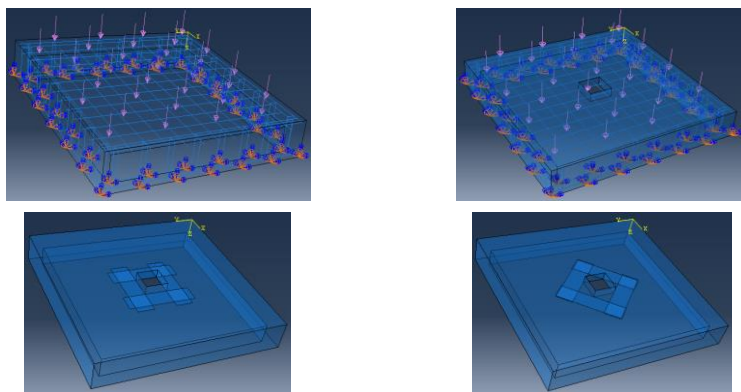


Рис. 1. Трехмерные модели конечных элементов железобетонных плит

Влияние процента арматуры в железобетонной плите. Из кривых «нагрузка - перемещение» на рисунке 2 для процента армирования (0,08%), было обнаружено, что отверстие не влияет на кривые «нагрузка - перемещение». С другой стороны, увеличение процентов армирования до (0,18% и 0,31%) оказало значительное влияние на жесткость плиты. А также при увеличении процентов армирования увеличивалась скорость уменьшения максимальной нагрузки плиты с отверстием. Использование углепластика увеличило несущую способность плиты с отверстием.

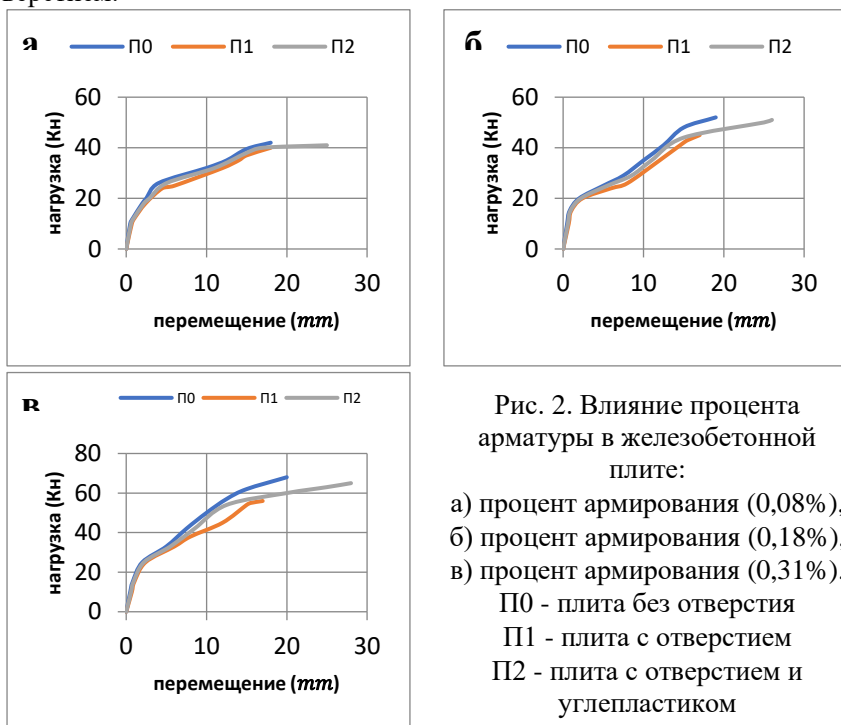


Рис. 2. Влияние процента арматуры в железобетонной плите:

- а) процент армирования (0,08%),
 - б) процент армирования (0,18%),
 - в) процент армирования (0,31%).
- П0 - плита без отверстия
 П1 - плита с отверстием
 П2 - плита с отверстием и углепластиком

Влияние изменения конфигурации листов углепластика вокруг отверстия на предельную нагрузку.

Углепластик был принят под углом 45° вокруг отверстия, как показано на рис. 1, и предельная нагрузка увеличилась на 5,4%. А плита, усиленная листами углепластика по краям отверстия (90°), дают более высокие результаты, чем в случаях, когда листы углепластика наклонен на 45° относительно углов отверстия, и предельная нагрузка увеличилась на 16,1%.

Влияние увеличения количества слоев углепластика на предельные нагрузки.

Увеличение количества слоев углепластика привело к увеличению предельной нагрузки на 16,1% для одного слоя, 24,1% для двух слоев и 30,4% для трех слоев. Как правило, увеличение количества слоев углепластика приводит к значительному увеличению предельной нагрузки.

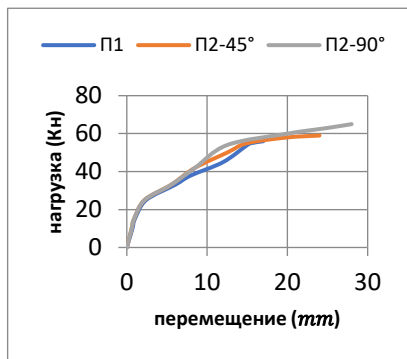


Рис. 3. Влияние изменения конфигурации листов углепластика вокруг отверстия на предельную нагрузку

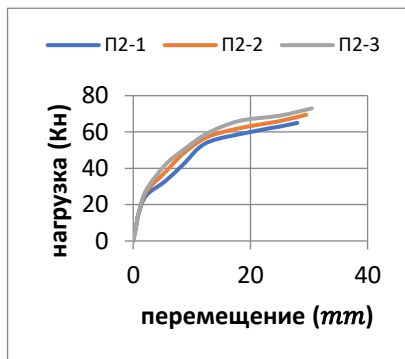


Рис. 4. Влияние увеличения количества слоев углепластика на предельные нагрузки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Mona M. Abdelmagid, Mohamed Abdel-Rahman. M. Khalil, Ata El-kareim Shoeib, Amal Hassanin.* Using nonlinear finite element and yield line theory in solving two way solid slabs under concentrated loads. *Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine (CERM) Vol. (39) No. (3) july, 2017.*
2. *Sorin-Codrut Florut, Gabriel Sas, Cosmin Popescu, Valeriu Stoian.* Tests on reinforced concrete slabs with cut-out openings strengthened with fibre-reinforced polymers. *Composites: Part B 66 (2014) 484–493.*
3. *Casadei, P., Nanni, A., & Ibell, T. J. (2003).* Experiments on two-way RC slabs with openings strengthened with CFRP laminates. In *Proceedings of advancing with composites, PLAST 2003. Milan, Italy, Conference 7–9 May, Conference 2003.*
4. *А.Н. Малахова, М.А. Мухин* Обрамление отверстий в плитах монолитных перекрытий зданий, *ВЕСТНИК МГСУ 1/2011, с. 86-91.*
5. *Тамразян А.Г.* К задачам мониторинга риска зданий и сооружений. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 3 (170). С. 19-21.*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛОННЫ С КРУГЛЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ

В многоэтажных монолитных зданиях в соответствии со сводом правил по их проектированию [1] могут применяться колонны с различными видами поперечных сечений. Наиболее распространенным видом поперечного сечения является квадратное (прямоугольное) сечение. Колонны с круглым поперечным сечением применяются для придания архитектурной выразительности зальных помещений или фойе зданий, они более функциональны для складских или гаражных помещений, поскольку обеспечивают более свободное перемещение в них транспорта, чем при использовании квадратных (прямоугольных) колонн.

Колонны с круглым поперечным сечением могут изготавливаться в съемной и несъемной опалубке. Колонны с несъемной металлической опалубкой относятся к трубобетонным конструкциям. Исследователями отмечается наличие противоречивых мнений по вопросам работы трубобетонных конструкций под нагрузкой и по их расчету [2]. Одни считают предельным состоянием трубобетонной колонны момент достижения стальной трубой предела текучести, а другие - достижение конструкцией разрушающей нагрузки. Доказана также эффективность внешнего армирования колонн сплошного сечения лентами из углеволокна при внецентренных нагрузках [3].

Для аналитического расчета колонн круглого сечения, изготовленных в съемной опалубке, в своде правил по проектированию бетонных и железобетонных конструкций [4] рекомендован для алгоритм, приведенный на рис. 1а.

Следует отметить, что при проведении расчета колонн с квадратным (прямоугольным) поперечным сечением определяется относительная высота сжатой зоны бетона, в то время как при расчете колонн с круглым поперечным сечением должна быть определена относительная площадь сжатой зоны бетона $\xi_{сж}$, что представляет определенную сложность.

Площадь сжатой зоны колонны круглого сечения является площадью сегмента круга $A_{сж}=0,5r^2\{(\pi\cdot\varphi/180)-\sin\varphi\}$, где φ - угол дуги сегмента в градусах. Относительная площадь сжатой зоны бетона $\xi_{сж}=A_{сж}/A$, где $A=\pi r^2$ - площадь поперечного сечения круглой колонны.

В свою очередь, как следует из формул расчетного алгоритма, приведенного на рисунке 1, относительная площадь сжатой зоны бетона

ξ_{cir} будет зависеть от прочностных характеристик R_b и R_s материалов, из которых изготовлена колонна, а также от всей площади продольной арматуры $A_{s,tot}$, расположенной в поперечном сечении круглой колонны площадью A .

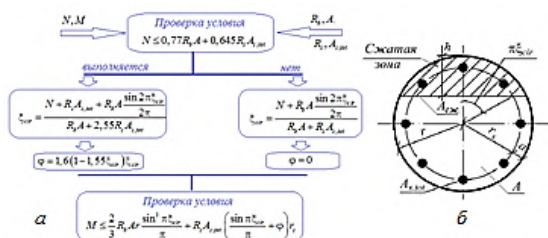


Рис. 1. Алгоритм аналитического расчета прочности колонны сплошного круглого сечения (а) с равномерно расположенной по окружности арматурой (б)

Прочностному проверочному расчету колонн должен предшествовать статический расчет конструктивной системы здания. На рис. 2а приведена расчетная пространственная модель КС здания, построенная в ПК ЛИРА для многоэтажного монолитного здания с колоннами круглого сечения. Для выбранной для прочностного расчета колонны сжимающее напряжение $N=2200$ кН при изгибающем моменте $M=156,8$ кНм.

Колонны здания (рис. 1б) имеют круглое сечение ($r=0,25$ м) и выполнены из бетона В25 ($R_b=14,5$ МПа, $A=0,196$ м²) с продольной арматурой 8Ø20-А400 ($R_s=350$ МПа, $A_{s,tot}=25,14 \cdot 10^{-4}$ м²).

Последовательность прочностного расчета следующая:

1. Проверка условия использования формулы определения ξ_{cir} :
 $N \leq 0,77R_bA + 0,645R_sA_{s,tot} = 2305,77$ кН, 2200 кН < $2305,77$ кН.

2. Определение относительной площади сжатой зоны бетона.

В формулу для определения ξ_{cir} входит синус с аргументом $2\pi\xi_{cir}$, что затрудняет вычисление относительной площади сжатой зоны бетона. Но если допустить, что ξ_{cir} изменяется от близкого к нулю значения до единицы, а промежуточные значения ξ_{cir} вычислять для сжатой зоны бетона, высота которой h увеличивается с шагом, например, равным $0,2r$, то можно получить значение N на каждом шаге по рекомендованной строительными нормами формуле. Результаты вычислений приведены в таблице на рис. 2б (при $N=2200$ кН $\xi_{cir}=0,62$).

3. Определение коэффициента, учитывающего работу растянутой арматуры: $\varphi = 1,6(1 - 1,55\xi_{cir})\xi_{cir} = 0,04$.

4. Проверка условия прочности круглого сечения колонны по моменту:

$$M = 0,67 \cdot 14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,196 \cdot 0,25 + 35 \cdot 10^4 \cdot 25,14 \cdot 10^{-4} (0,29 + 0,04) 0,22 =$$

$476+60=536$ кНм $>156,8$ кНм. Коэффициент использования – 0,3.

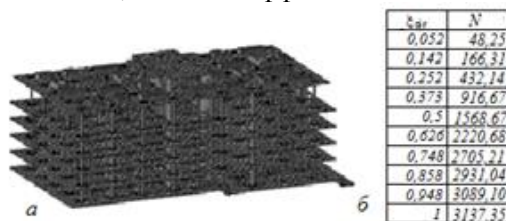


Рис. 2. Расчетная пространственная модель здания с колоннами круглого сечения (а), таблица связи относительной площади сжатой зоны бетона ξ_{cir} и сжимающей силы N

В статье показан метода расчета колонн круглого сечения по [4, 5, 7], перспективным является расчет по надежности [6] и учет продавливания для такой колонны на основе работы [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мордовский С.С., Давликамов Р.И. Напряженно-деформированное состояние внецентренно сжатых железобетонных колонн круглого сечения. // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. №1. С.4- 9.
2. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 00162.
3. Muhammad N. S Behaviour of FRP wrapped circular concrete columns under eccentric loading. University of Wollongong, Australia. 1-1-2007.
4. A. Abdeldayem Hadhood, Hamdy M. Mohamed, Brahim Benmokrane Behavior of circular FRP-reinforced concrete columns under eccentric loading.
5. Manuel A.G. Silva Behaviour of square and circular columns strengthened with aramidic of carbon fibers. Construction and building material 25(2001), pp. 3222-3228.
6. 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.
7. Raafat E., Khaled A. Behaviour of circular SMA-confined reinforced concrete columns subjected to eccentric loading. Engineering structures. July 2020, 110443
8. 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.

Студент 3 курса 4 группы ИГЭС Збрыський М.Т.

Научные руководители – доц., канд. техн. наук А.Д. Истомин, аспирант Т.А. Назаров

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЧЕНИЯ С ТРЕЩИНОЙ ОДНАЖДЫ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ ДО -50°C

Большинство строительных конструкций являются статически неопределимыми, в которых при изменении температуры возникают реакции в виде температурных усилий. В настоящее время широко используется расчет железобетонных стержневых конструкций на основе диаграмм деформирования бетона и арматуры [1-4]. При этом построение модели деформирования стержня основывается на использовании полных диаграмм материалов и предпосылок теории В.И. Мурашева.

При образовании трещин в растянутой зоне изгибаемого железобетонного элемента, он вступает в новую стадию своей работы, которая мало исследована при работе статически неопределимых железобетонных элементов в области отрицательных температурах. В связи с этим актуальным является вопрос исследования напряженно-деформированного состояния сечения с трещиной железобетонных статически неопределимых элементов при отрицательных температурах. Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований напряженного состояния нормальных сечений с трещинами железобетонных балок с шарнирно-неподвижными опорами при понижении температуры от $+15^{\circ}\text{C}$ и -45°C .

В качестве опытных образцов использовались железобетонные балки прямоугольного сечения с размерами 10×20 см. В растянутой зоне балок располагались два арматурных стержня диаметром 12 мм класса А400. Процент армирования - $\mu=1,29\%$. В экспериментах варьировался уровень поперечного нагружения балок (M/M_{ult}). Экспериментальная установка представляла собой жесткую стальную раму с массивными торцевыми стойками, предназначенная для опирания изгибаемого элемента и ограничения его перемещений в осевом направлении [5]. Это осуществлялось путем закрепления арматурных выпусков в торцевых стойках. На основании полученных распределений деформаций по высоте сечения и опытных диаграмм работы бетона при сжатии и растянутой арматуры вычислялись напряжения в бетоне и арматуре. По этим данным строились эпюры напряжений по высоте нормального сечения с трещиной.

На рис.1 приведены графики изменения температурных реакций в виде растягивающего температурного усилия, приложенного на уровне центра тяжести растянутой арматуры.

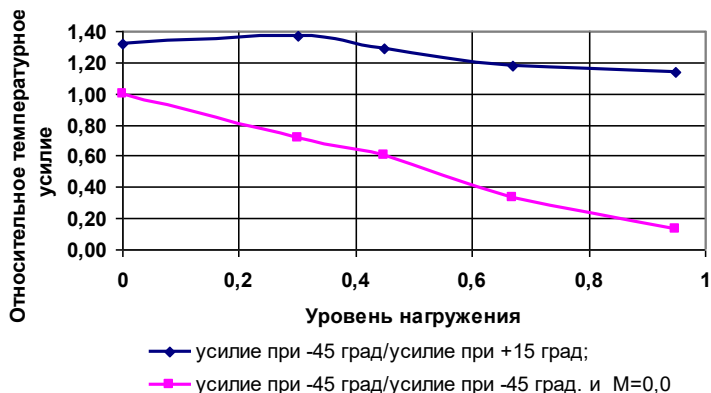


Рис.1. Относительное температурное усилие при -45°C

Анализ представленных результатов показывает, что при температуре $T = -45^{\circ}\text{C}$ температурное усилие уменьшается при увеличении уровня поперечного силового нагружения. При $M / M_{des} = 0,3; 0,45; 0,67$ температурное усилие соответственно уменьшилось на 19%, 40% и 67%. Температурная реакция в виде растягивающего усилия при отрицательной температуре на 20...35% больше усилия, полученного при испытании балок в нормальных условиях.

На рис.2, 3 приведены графики изменения уровней напряжений в бетоне сжатой зоны (σ_b / R_b) и растянутой арматуре (σ_s / R_s), возникающих в нормальном сечении при совместном поперечном силовом и низкотемпературном воздействии.

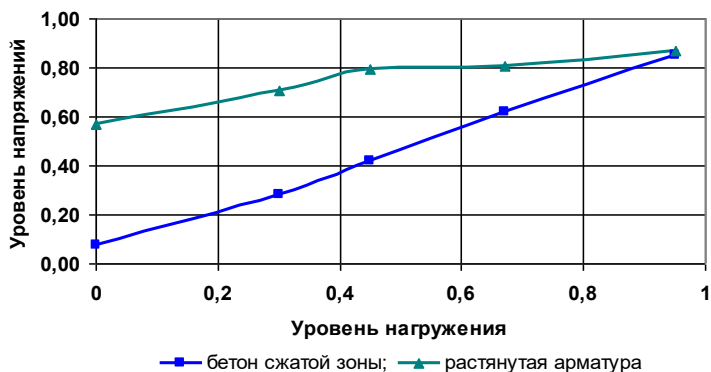


Рис.2. Зависимость уровней напряжения от уровня силового нагружения

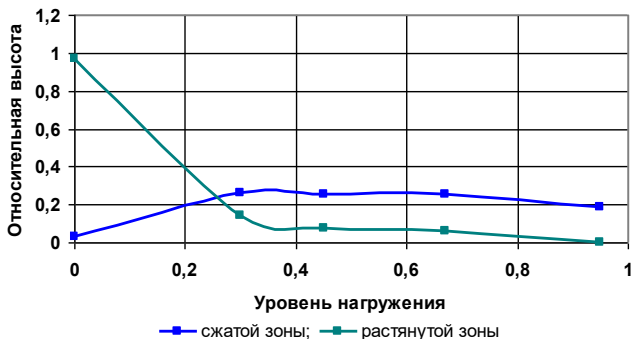


Рис.3. Зависимость относительной высоты сжатой и растянутой зон

Из полученных результатов видно, температурное растягивающее усилие приводит к увеличению напряжений в сжатом бетоне с $0,07R_b$ до $0,87R_b$ и растянутой арматуре с $0,57R_b$ до $0,85R_b$. Относительная высота сжатой зоны при совместном силовом и температурном воздействии, в области эксплуатационных нагрузок ($0,3...0,67$) M_{ult} в среднем составила 0,260. При этом участок растянутого бетона над трещиной уменьшается в среднем в 2,5 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байков В.Н. и др. Общий случай расчета прочности элементов по нормальным сечениям // Бетон и железобетон – № 5. 1987. С. 16-18.
2. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Сапожников М.А. К построению методики расчета стержневых элементов на основе диаграмм деформирования материалов. В кн.: Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций – М., 1987. С. 103-107.
3. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство–№ 1. 2013. С. 28-30.
4. Истомин А.Д., Петрова В.А. Напряженно-деформированное состояние статически неопределимых балок в условиях отрицательных температур// Строительство и реконструкция– №41(81). 2019.С. 3-9.
5. Истомин А.Д., Кудрявцев А.В. Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур // Промышленное и гражданское строительство – № 7. 2016. С. 51-55.

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ ОБСЛЕДОВАННЫХ БАЛОК НА ПРОЧНОСТЬ ИХ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ

Вследствие реконструкции и переоборудования было проведено обследование несущих строительных конструкций здания, которое эксплуатировалось на протяжении 36 лет. Впоследствии в течение 10 лет конструкции внутри здания из-за отсутствия кровли были подвержены воздействиям внешних факторов.

Балки перекрытия выполнены из сборного железобетона с опиранием на кирпичные стены. Поперечные сечения обследованных балок изображены на рис. 1.

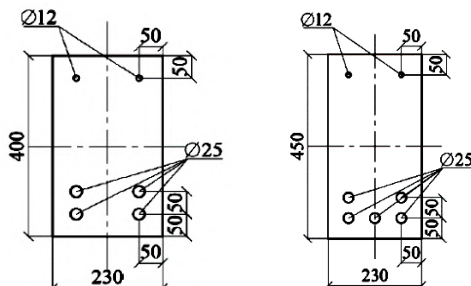


Рис.1. Поперечные сечения балок Б-1 (400мм) и Б-2 (450мм)

В таблице 1 приведены прочностные характеристики бетона и арматуры, которые были выявлены в результате их обследования.

Таблица 1

Характеристики материалов

Условия	Бетон	R_b кг/см ²	Арматура	R_s кг/см ²
По проекту	М300	135	А-II	2700
По факту	В12,5	76,5	А-II	2500
По проекту	М300	135	А-II	2700
По факту	В12,5	76,5	А-II	2500

В результате осмотра установлено, что рабочая арматура балок подвержена коррозии, которая в среднем составляет для нижнего ряда арматуры - 23%, для верхнего ряда – 0,3% от назначенного в проекте диаметра арматуры (см. табл.2). Силовые нормальные трещины в балках

не выявлены, но присутствуют продольные трещины вдоль арматуры с наличием разрушения защитного слоя бетона.

Таблица 2

Глубина коррозии арматуры и ее фактический диаметр

По проекту	После обследования					
	Нижний ряд			Верхний ряд		
d_{s0} , мм	h_{cor} , мм	d_{st} , мм	$\frac{d_{st}}{d_{s0}}$	h_{cor} , мм	d_{st} , мм	$\frac{d_{st}}{d_{s0}}$
25	2,9	19,2	0,768	0,04	24,92	0,997

Фактический диаметр рабочей арматуры определялся по формуле:

$$d_{st} = d_{s0} - 2h_{cor} \quad (1)$$

По снятым прочностным показателям бетона и арматуры был проведен расчет проектной несущей способности балок и после их обследования [1-6]. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Прочность нормальных сечений балок

Балка Б-1					
По проекту		После обследования			
Арматура	$M_{u,0}$, тМ	Нижний ряд арматуры	Верхний ряд арматуры	$M_{u,t}$	$\frac{M_{u,t}}{M_{u,0}}$
4Ø25	12,64	2Ø19,2 мм	2Ø24,92 мм	8,45	0,67
Балка Б-2					
5Ø25	17,73	3Ø19,2 мм	2Ø24,92 мм	14,29	0,80

В железобетонных балках Б-1 и Б-2 толщина защитного слоя одинакова, следовательно, время карбонизации бетона для этих балок так же одинаково и составило:

$$T_{кб} = 0,6 \cdot t \cdot \frac{a}{K} = 0,6 \cdot 2 \cdot \frac{37,5}{2} = 22,5 \text{ года} \quad (2)$$

где $a_{з.с} = a - 0,5d_s = 37,5$ мм - толщина защитного слоя, мм;

$K = 2,0$ мм/год - нормативная скорость карбонизации;

$t = 2,0$ - коэффициент, который учитывает агрессивность среды.

Впоследствии определяли высоту сжатой зоны и прочность нормального сечения:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b}, \quad (3)$$

$$M_{ult} = \sum R_{si} \cdot A_{si} \cdot (h_{0i} - 0,5x) \quad (4)$$

На рис. 2 в виде диаграммы изображено относительное уменьшение диаметров стержней арматуры и прочности обследованных балок перекрытия.

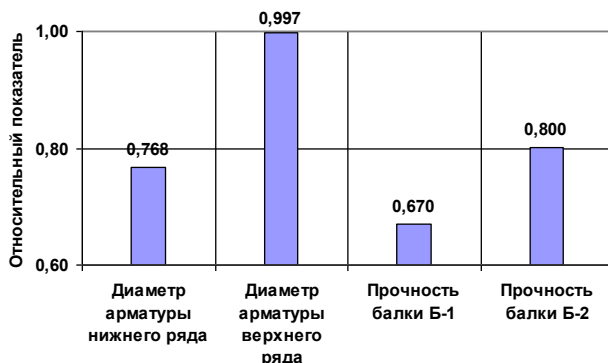


Рис.2. Относительное уменьшение характеристик балок перекрытия

Из рис. 2 выявлено, что влияние окружающей среды на конструкции балочных перекрытий привело к понижению несущей способности балок на 33% для Б-1 и на 20% для Б-2 соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Tamrazyan A., Popov D.* Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 00162.
2. *Колчунов В.И., Андросова Н.Б.* Прочность корродирующего бетона при одновременном проявлении силовых и средовых воздействий // Строительство и реконструкция– 2013. №5. С.3–8.
3. *Васильев А.И.* Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов // Бетон и железобетон – 2000. № 2. С.20–23.
4. *Уткин В.С.* Определение остаточной несущей способности железобетонных балок на стадии эксплуатации по критерию прочности арматуры и бетона // Инженерно-строительный журнал –2015. № 1 (53). С. 15-23.
5. *Смоляго Г.А. и др.* Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство – 2014. №12. С.49–51.
6. *Тамразян А.Г.* К задачам мониторинга риска зданий и сооружений. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 3 (170). С. 19-21.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И УСЛИЛЕНИЕ БАЛОЧНОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

В связи с длительной консервацией строительства и увеличением проектных нагрузок было произведено обследование несущих строительных конструкций здания [6]. В результате обследования конструкций здания установлено, что перекрытия представляют собой монолитные плиты сплошного сечения. Плиты опираются на металлические балки, расположенные с шагом шесть метров. Плита работает по балочной схеме. Расчетная схема плиты - неразрезная пяти пролетная балка (количество пролетов плиты – 15 шт.).

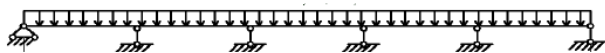


Рис.1. Расчетная схема балочной монолитной плиты

Плиты выполнены из бетона класса В15. Класс бетона подтверждается испытанием отбора проб. Армирование плиты выполнено плоскими сетками. В пролете нижняя продольная арматура, стержни Ø14 класса А400 с шагом 200 мм, установлены по всей длине плиты. Над опорой верхняя продольная арматура, стержни Ø16 класса А400 с шагом 100 мм. Зона установки над опорных стержней - три метра. Толщина защитного слоя бетона около 5мм...20мм. Полученные в результате обследования плит характеристики приведены в табл.1

Таблица 1

Характеристики обследованных плит

Условия	h , мм	$a_{з.с.}$, мм	Бетон	R_b МПа	γ_b	Арматура	R_s МПа
По проекту	150	20	В15	8,5	0,9	Ø14А400 Ø16А400	350
По факту	150	5...20	В15	8,5	0,81	А400	350

Плиты имеют отдельные повреждения в виде следов замачивания, коррозии бетона и арматуры, наличия трещин шириной до 0,05мм. Уменьшение прочности бетона плит на 10% в расчетах учитывалось с помощью коэффициента условий работы (γ_b).

Поверочные расчеты показали, что несущая способность плит не обеспечена. Было принято решение усилить существующие плиты

перекрытия наращиванием сечения фибробетоном [2-5]. Такая технология усиления успешно применяется в Швейцарии для повышения несущей способности и долговечности пролетных конструкций мостов [1]. Класс бетона-матрицы принят В20 (на один выше, чем класс бетона плит). Фибра из стальной проволоки Ø1 мм, рубленая – HENDIX.

Характеристики материалов фибробетона приведены в табл.2.

Таблица 2

Характеристики материалов фибробетона						
Вид	Ø, мм	l_f , мм	μ_{fv} , %	R_f МПа	Бетон-матрица	R_b МПа
HENDIX	1,0	30	1,5	950	B15	11,5

Общая схема усилий и эпюра напряжений в прямоугольном сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого элемента с комбинированным армированием, при его расчете по прочности [2] приведена на рис. 2, что может снизить риски аварийной ситуации [6].

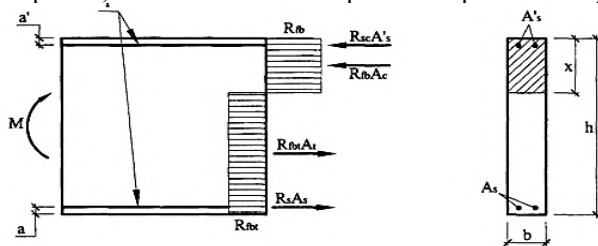


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в нормальном сечении

Высота сжатой зоны для железобетонного сечения и усиленного фибробетоном при $x \leq h_{fb}$ соответственно равна:

$$x = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b}, \quad x = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_{fb} b}, \quad (1)$$

Соответствующие значения предельных изгибающих моментов для прямоугольного сечения с одиночной арматурой при $\xi \leq \xi_R$ определяли по формулам:

$$M_{ult} = R_{bs} A_s \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \quad (2)$$

$$M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x_{fb} \cdot (h_0 + h_{fb} - 0,5 \cdot x_{fb}) \quad (3)$$

Из условия прочности сечений изгибаемых элементов $M \leq M_{ult}$ определяли необходимую толщину слоя фибробетона:

$$h_{fb} = \frac{M - R_s A_s (h_0 - 0,5x)}{R_s A_s} \quad (4)$$

Максимальная толщина наращиваемого слоя из фибробетона оказалась равной 62 мм. Окончательно толщина наращиваемого слоя из фибробетона принята равной 70 мм. Результаты расчетов монолитной железобетонной плиты представлены на рис. 3.

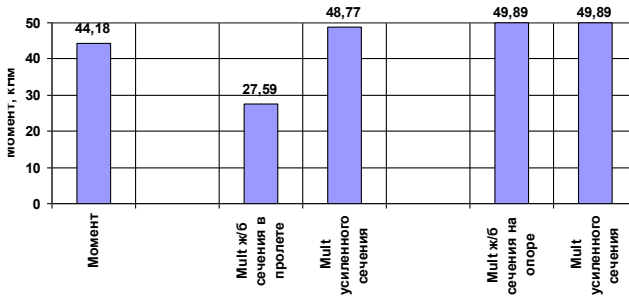


Рис. 3. Результаты расчета плиты до и после усиления

Из анализа результатов графика видно, что наращивание сечения монолитной плиты слоем фибробетона толщиной 70 мм привело к увеличению несущей способности нормального сечения в середине пролета на 77%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Brühwiler E.* UHPFRC technology to enhance the performance of existing concrete bridges, *Structure and Infrastructure Engineering*. №1, 2020. Pp. 94-105.
2. *Колчунов В.И. и др.* Экспериментальные исследования деформативности и трещиностойкости железобетонных конструкций составного сечения // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. №1. 2008. С. 54-60.
3. *Александров Е.Н., Истомин А.Д.* Анализ напряженно деформированного состояния изгибаемых элементов с комбинированным армированием на основе диаграмм деформирования фибробетона // *Научное обозрение*, 2016. №4. С. 35-39.
4. *Морозов В.И., Пухаренко Ю.В.* Фиброжелезобетонные конструкции с высокопрочной арматурой // *Промышленное и гражданское строительство*. С. 45-46, 2007.
5. *Пецольд Т.М., Лазовский Д.Н.* Расчёт усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений // *Бетон и железобетон*. №1. 1999. С. 11-14
6. *Тамразян А.Г.* К задачам мониторинга риска зданий и сооружений. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2013. № 3 (170). С. 19-21.

НАЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПЛОСКИХ ПЕРЕКРЫТИЙ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ

Для многоэтажных монолитных зданий колонной конструктивной системы при пролетах 6...8 м применяются плоские плиты перекрытия сплошного сечения. С увеличением пролета становится необходимым применение балочных перекрытий и перекрытий с капителями. При этом особенно актуальными являются вопросы качества [1], живучести и оценки рисков [2, 3, 6] для каркасов зданий при различных силовых [4] и средовых [5] воздействиях.

Основными конструктивными параметрами плоских перекрытий являются толщина плиты, классы примененных материалов, а также коэффициент (процент) армирования, который, в свою очередь, определяется пролетом и нагружением плиты. При этом в соответствии со сводом правил по проектированию бетонных и железобетонных конструкции для изгибаемых элементов устанавливается минимальный процент армирования $\mu\% = 0,1\%$, следствием уменьшения которого является отнесение железобетонной плиты перекрытия к бетонной плите с конструктивным армированием и расчет ее по алгоритмам для бетонных конструкций.

Толщина плоских сплошных плит перекрытия по СП 52-103-2007 принимается 16.....25 см из ряда 16, 18, 20, 22, 24, 25 см. При этом толщина плиты назначается не менее $1/30$ длины наибольшего из двух пролетов прямоугольной ячейки плиты. Исходя из минимального процента армирования для плоских плит перекрытия толщиной 16см, продольная рабочая арматура должна быть принята $\varnothing 6$ с шагом 200 мм ($A_s = 1,42 \text{ см}^2$), для остальных рассматриваемых толщин плит – $\varnothing 8$ с шагом 200 мм ($A_s = 2,51 \text{ см}^2$).

На основании результатов экспериментальных исследований, подтвержденных в последствии результатами численных расчетов плоских сплошных плит перекрытия, в практику проектирования был введен расчет с выделением в перекрытии надколонных и пролетных полос-балок. Полная нагрузка на ячейку плиты – $P = q \cdot l_1 \cdot l_2$. Базовые моменты для ячейки плиты в направлении двух пролетов (l_1, l_2) – $M_{01} = 0,125 \cdot P \cdot l_{01}$, $M_{02} = 0,125 \cdot P \cdot l_{02}$, сначала распределяются между надколонной и пролетной полосами, а затем определяется пролетный и опорный моменты в пределах каждой полосы-балки. На рисунке показаны полосы-балки и приведены коэффициенты

распределения базового момента, а также приведена схема армирования плиты перекрытия. Ширина надколонных (пролетных) полос, а также значения коэффициентов распределения базового момента будут определяться размерами поперечного сечения колонн-опор. Коэффициенты распределения базового момента могут быть скорректированы по результатам численного расчета плоской плиты перекрытия

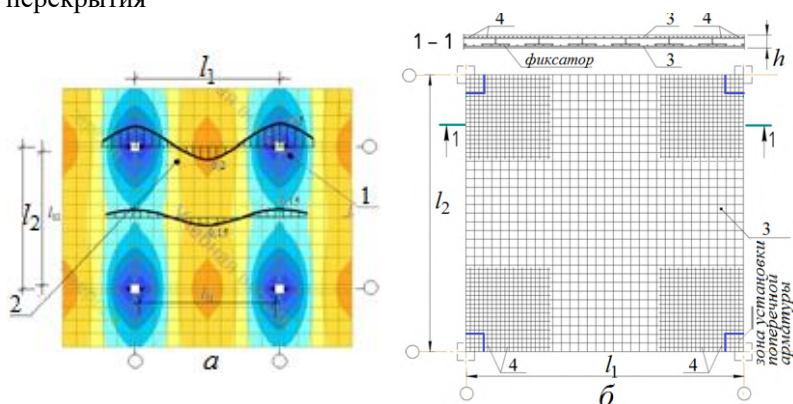


Рис. 1. Надколонные (1) и пролетные(2) полосы плоской плиты перекрытия с коэффициентами распределения базового момента(а) и схема осовного (3) и дополнительного (4) армирования плиты (б)

Выбор материалов монолитного перекрытия выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными в [1 и 2]. Минимально назначаемым классом бетона для перекрытий монолитных зданий является бетон класса В20. В настоящее время массово применяется нашелбетон класса В30. В качестве рабочей арматуры, в том числе для перекрытий монолитных зданий, нормами рекомендованы следующие классы арматуры: А400, А500, А600 и В500. В настоящее время в строительстве массово применяется класс арматуры А500. Назначение материалов массового применения позволяет закладывать оптимальную их стоимость для проектируемого здания.

Нагружение перекрытия складывается из собственного веса плоской сплошной плиты перекрытия, веса пола, веса перегородок и временной нагрузки на перекрытие. При выполнении численного расчета собственный вес плоской сплошной плиты перекрытия вычисляется автоматически с учетом толщины плиты и собственного веса железобетона 25 кН/м^3 (коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f=1,1$; доля длительности 1), вес пола задается $2,0 \text{ кН/м}^2$ (среднее значение $\gamma_f=1,25$, доля длительности 1), вес временных перегородок – $0,5 \text{ кН/м}^2$ ($\gamma_f=1,2$; доля длительности 1), временная нагрузка на перекрытие для

административных и офисных зданий в соответствии со сводом правил по определению нагрузок составляет: для служебных и бытовых помещений $2,0 \text{ кН/м}^2$, для фойе, коридоров и лестниц - $3,0 \text{ кН/м}^2$ ($\gamma_f=1,2$; доля длительности 0,35). Таким образом, расчетное значение нагрузки, равномерно приложенной по полю плиты, составляет не более $6...7 \text{ кН/м}^2$ (без учета собственного веса плиты).

В таблице приведены результаты вычисления процента армирования $\mu\%$ при других назначенных конструктивных параметрах для плоских сплошных плит перекрытия в зданиях колонной КС, полученные с использованием ПК ЛИРА.

Таблица

$\mu\%$ для основного и дополнительного армирования плиты					
Пролет плиты $l(l_0)$, м	Материалы: бетон класса В30, арматура класса А500				
	Суммарная распределенная нагрузка, кН/м^2				
	11,95	12,5	13,05	13,6	13,88
	Толщина плиты $(1/30)l_0$, см				
	18	20	22	24	25
6,0(5,6)	0,39;0,85				
6,5(6,1)		0,33;0,75			
7,0 (6,6)			0,3;0,83		
7,5 (7,1)				0,27;0,75	
8,0(7,6)					0,35;0,86

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дудина И.В., Тамразян А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8-10. Малахова А.Н. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий. – М., МГСУ, 2018, С.19-28.
2. Тамразян А.Г. К оценке риска чрезвычайных ситуаций по основным признакам его проявления на сооружение. Бетон и железобетон. 2001. № 5. С. 8-10.
3. Лесовик Р. В, Клюев С. В. Основы оптимизации строительных конструкций. - Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008, №2, С.4-7.
4. Тамразян А.Г. К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 26-27.
5. Тамразян А.Г. Огнеустойчивость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
6. Тамразян А.Г. Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 77-83.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗБАЛОЧНОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНОЙ ПЛИТЫ

В современном коммерческом строительстве и домостроении предпочтительно применяются плоские железобетонные безбалочные перекрытия в связи с их простым конструктивным решением, простым процессом возведения здания, а также уменьшением высоты этажа здания и уменьшением размеров опалубки [1-5]. Вместе с этим вопросы обеспечения качества, надежности и безопасности сооружений являются одними из первостепенных [6-7]. В сегодняшних нормативных документах излагаются основные граничные условия и параметры выбора конструктивных решений, которые дают диапазон безопасных и надёжных параметров для проектирования этих перекрытий. Исходя из этих нормативных ограничений, настоящий общепринятый процесс проектирования железобетонных безбалочных перекрытий прилагает определённую осторожность при выборе начальных параметров для расчёта, что приводит к тому, что в ряде случаев проектирования используются недостаточно экономичные конструктивные решения.

Согласно СП 52.101.2003, СП 63.13330.2018 и СП 52.103.2007 сетку колон здания рекомендуется в пределах от 5 м до 8 м. Нормативная постоянная нагрузка ($g + V$) – собственный вес и полезная нагрузка, должна быть в пределах от 8 кН/м² до 11 кН/м². При этом здание не должно превышать 10 этажей. Если здание имеет более 10 этажа, тогда следует учитывать прогрессирующее разрушение в расчётах.

Таким образом для того чтобы избежать неэффективности некоторых «прототипов» проектирования зданий до 10 этажей следует исследовать несущую способность, деформативность, трещиностойкость и параметры армирования безбалочных монолитных перекрытий в зависимости от нормативных ограничений.

В статье представлены результаты расчётных исследований плоских монолитных перекрытий при различных шагах сетки колонн здания и толщины плиты. Выбрано 3 расчётные случая исследования: каркас здания сеткой колонн 5×5 м; каркас здания сеткой колонн 6×6 м; каркас здания сеткой колонн 7,5×7,5 м с изменением толщины плиты. В качестве материалов выбрано бетон класс В30, арматуру класса А400 и полезную нагрузку равную 5 кН/м². Расчётное исследование проводится методом конечных элементов (МКЭ) в ЛИРА САПР вместе с ручными аналитическими расчётами по прочностным и эксплуатационным

предельным состояниям. На рисунке 1 показано модель и фрагмент здания при сетке колонн 5 м.

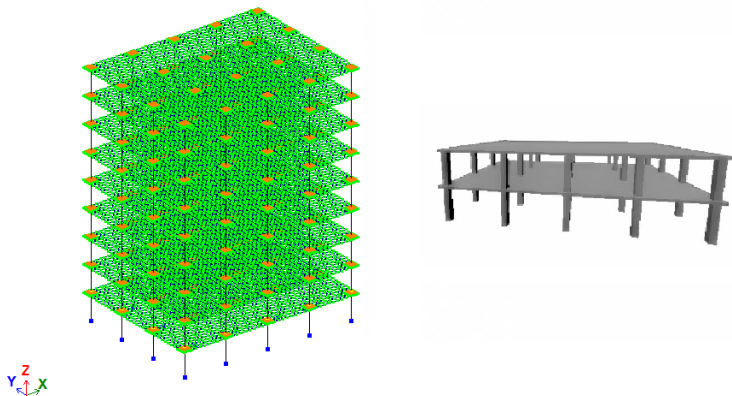


Рис. 1. Расчётная модель и фрагмент здания при сетке 5×5м и толщине плиты 200мм

В таблице 1 показано результаты расчётного исследования по прочностным характеристикам сечения плоской плиты перекрытия. Таблица 2 показывает эксплуатационные характеристики сечения плиты.

Таблица 1. Прочностные характеристики

Расчётное случае	Толщина плиты, мм	M , кНм	M_{ult} , кНм	$\xi_{max} <$ ξ_R $\xi_{max} <$ 0,35	A_s , см ² (C1, C2)	A_s , см ² (OC)	$\mu =$ $100 \cdot A_s / b$ h_0 , %
5×5м	160	30,9	54,3	0,17	7,85	6,28	0,6
	180	34,1	35,7	0,10	2,03	6,28	0,3
6×6м	180	59,5	75,8	0,19	11,3	11,3	0,7
	200	62,4	85,6	0,17	10,1	10,1	0,5
7,5×7,5м	230	125,4	148,7	0,31	20,11	25,13	1
	250	131,5	166,2	0,27	20,11	25,13	1

Следует отметить, что расчёт выполнен в линейной обстановке и для того чтобы учесть неупругую работу бетона вводим понижающий коэффициент на модуль упругость бетона для всех конструктивных элементов. Оценка способности сечения плиты к пластическому деформированию определяется достижением величины $\xi_{max} \approx 0,35$.

Результаты расчёта показывают, что сечения перекрытий являются достаточно безопасными в плане пластического деформирования. Из

условий прочности, прогиба и армирования, плита перекрытия является более рациональной при сетке колонн от 5 м до 6 м.

Таблица 2. Эксплуатационные характеристики

Расчётное случае	Толщина плиты, мм	f , мм	$a_{cr1} < 3$, мм	$a_{cr2} < 4$, мм
5×5м	160	15,2 < 25	2,98	3,45
	180	11,4 < 25	2,99	3,60
6×6м	180	23,8 < 30	3,0	3,77
	200	18,8 < 30	2,99	3,79
7,5×7,5м	230	33,6 < 37,5	3,0	3,67
	250	26,7 < 37,5	3,0	3,80

Следует отметить, что при сетке колонн 7,5×7,5 м и толщину плиты 220 мм, прогиб достигает максимально допустимое значение. В этом случае необходимо проектировать перекрытие с капителями. Следовательно при постоянных нагрузках до 11 кН/м² перекрытие является более рациональным при шаге колонн от 5 до 6 м и толщину сечения до 200 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Родина А.Ю, Барбашев Н.П, Домарова Н.В.* Проектирование монолитных железобетонных перекрытий многоэтажного здания. Москва: НИУ МГСУ, 2014.
2. *Скоробогатов, С.М.* Поверочные расчёты безбалочных бескапитальных монолитных железобетонных перекрытий по второй группе предельных состояний (прогибы, трещины). Екатеринбург: УрГУПС, 2012.
3. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг. Вестник МГСУ. 2013. № 11. С. 84-90.
4. *Танаев В.А.* Проектирование монолитного железобетонного перекрытия: учебное пособие. Хабаровск: ДВГУПС, 2013.
5. *Малахова А.Н.* Проектирование железобетонных конструкций с использованием программного комплекса ЛИРА: Учебное пособие. Москва: НИУ МГСУ, 2015.
6. *Дудина И.В., Тамразян А.Г.* Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8-10.
7. *Тамразян А.Г.* К оценке риска чрезвычайных ситуаций по основным признакам его проявления на сооружение. Бетон и железобетон. 2001. № 5. С. 8-10.

УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИБРОБЕТОНА И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В современном строительстве активно внедряются новые технологии, и осуществляется выпуск модернизированных и эффективных строительных материалов. Главной целью является повышение различных характеристик материалов и конструкций при снижении трудозатрат [1, 3, 6, 7].

Широкое применение в строительстве получил фибробетон, так как он используется для изготовления, усиления и восстановления конструкций. Он обладает высокими показателями прочности, трещиностойкости, стойкости к динамическим нагрузкам и долговечностью. Правильно подобранная смесь из цементного раствора или бетона и равномерно распределённых с необходимыми свойствами волокон способствуют созданию конструкций любой сложности и конфигурации повышенного качества.

При усилении плит покрытий и перекрытий применяют метод наращивания фибробетоном, увеличивая тем самым высоту поперечного сечения конструкции. Наращивание могут выполнять как в сжатой зоне, так и в растянутой, обеспечивая сцепление поверхностей. Данный метод может предполагать устройство дополнительной плиты из фибробетона в сжатой зоне, либо применение дополнительной рабочей арматуры с фибробетоном – в растянутой.

Для усиления многопустотных плит в пустотах вырубают полки, устанавливают металлические двутавровые балки с заведением балок в стены с последующим заполнением пустот фибробетоном.

При усилении сплошных плит перекрытий применяют разгружающие металлические балки в виде двух швеллеров в сжатой зоне или двутавра в растянутой зоне с последующим наращиванием фибробетоном как сверху, так и снизу плиты.

Также используют надпорные скобы-коромысла для упрочнения связи между рабочей арматурой плиты и бетонными стенами или шпренгельные затяжки для разгрузки плиты перекрытия и уменьшения её прогиба с последующим наращиванием фибробетоном. Для усиления балок перекрытий зданий и сооружений применяют наращивание фибробетоном снизу, повышая несущую способность. Также балки усиливают устройством фибробетонной обоймы или рубашки для

уменьшения прогибов балки. Для усиления балок у опор применяют стяжные хомуты или наклонные стержни для увеличения трещиностойкости конструкции.

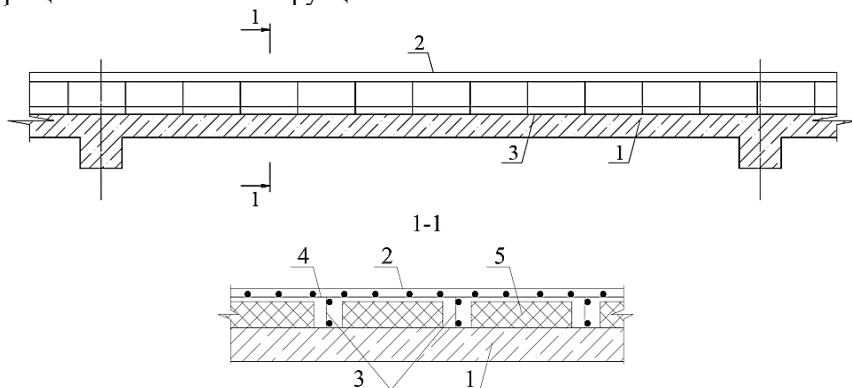


Рис. 1. Устройство дополнительной монолитной ребристой плиты из фибробетона сверху:

1 – усиливаемая плита; 2 – монолитная ребристая плита из фибробетона; 3 – арматурные каркасы наращивания; 4 – арматурные сетки наращивания; 5 – пустотообразователь (пенопласт, пенополистерол и др.)

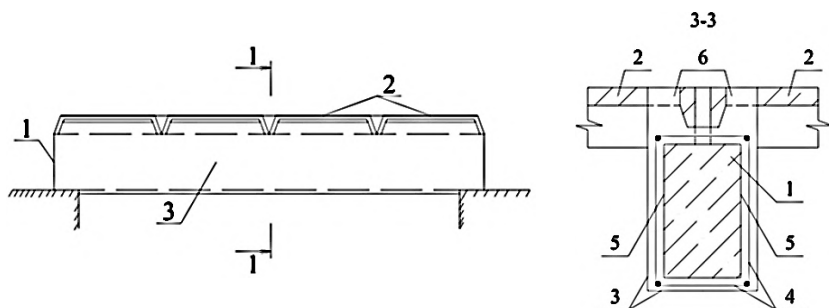


Рис. 2. Устройство фибробетонной обоймы:

1 – усиливаемая балка; 2 – железобетонные плиты; 3 – фибробетонная обойма; 4 – арматура обоймы; 5 – поверхность балки, подготовленная к бетонированию (зачистка, насечка, промывка водой); 6 – отверстия, пробитые в полках для укладки бетона (восстановить при бетонировании обоймы)

Фибробетон нашел свое применение в разных направлениях строительства [1-4, 8]. Самыми характерными сферами применения фибробетона являются: фундаменты, мосты, тоннели, дороги, взлетно-посадочные полосы, гидротехнические сооружения, резервуары, отделка фасадов, полы, лестницы, монолитные конструкции и многое другое.

Фибробетон используется для восстановления и усиления различных железобетонных конструктивных элементов [5, 6, 7]. Его применяют для усиления стен, плоских и купольных днищ, воронок, а также узлов

сопряжения железобетонных воронок со стенами силосов путем наращивания сечения конструкций или же применения дополнительных железобетонных элементов из фибробетона. Фибробетон используется для усиления железобетонных бункеров путем наращивания сечения, а также для защиты внутренних поверхностей бункеров от абразивного износа сыпучим материалом. При усилении железобетонных резервуаров, их стен и днищ, из фибробетона устраивают ребра жесткости и наращивают сечение, как с внутренней стороны, так и с наружной. Широкое применение фибробетон получил при восстановлении и усилении конструкций, таких как оболочки покрытий, плиты покрытий, узлов сопряжений плит с опорным контуром, бортовых элементов монолитных железобетонных оболочек, опорных частей диафрагм, сводчатых панелей, лестниц, балок, колонн, узлов сопряжения колонн с плитами перекрытий или с фундаментами, фундаментов, ростверков, подпорных стен и многое другое.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гольшиев А.Б., Кривошеев П.И., Козелецкий П.М. и др.* Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований. – К: Логос, 2004 – 219 с.
2. *Плевков В.С., Мальганов А.И., Уткин Д.Г.* Оценка технического состояния, восстановление и усиление железобетонных конструкций зданий и сооружений с применением фибробетона / В.С. Плевков. – Т: ТГАСУ, 2016. – 130 с.
3. *Клюев С.В.* Особенности формирования фибробетонных композитов. – Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – №5. – С. 4.
4. *Окольникова Г.Э., Белов А.П., Слинькова Е.В.* Анализ свойств различных видов фибробетон. — Системные технологии. — 2018. — № 26. — С. 206—210.
5. *Маилян Д.Р., Михуб Ахмад, Польской П.П.* Вопросы исследования изгибаемых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов. – Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4. – С. 5.
6. *Юсуфов А.С., Магомедалиев Г.Г., Дагиров А.Р., Хиясов М.А.* Перспективы использования композитных материалов. – Технические науки. – С. 8.
7. *Дудина И.В., Тамразян А.Г.* Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8-10.
8. *Тамразян А.Г.* Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 21-27.

ИЗУЧЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ БЕТОНОМ И АРМАТУРОЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Использование арматуры из углепластика в бетонных конструкциях рассматривается как возможная альтернатива стали, благодаря высокому коэффициенту жесткости и коррозионной стойкости в агрессивных средах, где присутствует коррозия. Однако использование арматуры из углепластика в бетонных конструкциях является относительно новой технологией, поэтому ее конструктивные характеристики еще изучаются. Анкеровка арматуры является одним из основных аспектов поведения конструкции, так как от нее зависит передача нагрузки от арматуры к бетону. Поэтому качество сцепления оказывает заметное влияние на образование трещин и, следовательно, влияет на расстояние между трещинами и их ширину [1].

Установлено, что связь между гладкими арматурными из углепластика и бетоном значительно ниже, чем между гладкой стальной арматурой и бетоном. Это связано с низкой шероховатостью гладких стержней из углепластика по сравнению с шероховатостью стали [2]. Для повышения прочности сцепления, поверхность арматуры может быть профилирована, устройство напыляемого слоя из песка на поверхности арматуры и т.д. Экспериментальные исследования [2] показывают, что композитные арматуры с профилированной поверхностью, имеют более высокую прочность сцепления по сравнению со стальной арматурой с профилированной поверхностью. Далее в работе [1] проведено испытание 88 экспериментальных образцов, подготовленных по стандартам ACI 440.3R-04 и CSAS806-02. Результаты экспериментов подтверждают тенденцию к снижению прочности сцепления арматуры большего диаметра.

Кроме того, Конечно-элементные исследования композитных арматурных стержней различной формы были предложены в работе [3]. Исследуемые конфигурации композитной арматуры включают в себя квадратную арматуру, круглую арматуру с ребрами. Результаты показывают, что различные конструктивные особенности, добавленные к круглой композитной арматуре, могут обеспечить хорошие характеристики сцепления. В работе [4] два пакета конечных элементов (ANSYS и ABAQUS) были использованы для моделирования сцепления композитных арматурных стержней в кубах и балках. Пружинные элементы использовались для описания поведения анкеровки при испытаниях на вырывание, характеристики пружины получены из экспериментально определенного напряжения связи в зависимости от

длины анкеровки. Оба подхода показали хорошее согласие аналитических и экспериментальных результатов. Целью данного исследования является изучение влияния обработки поверхности арматуры и длины анкеровки на Сцепления между арматурой из углепластика и бетоном. с помощью программы конечных элементов ABAQUS.

Конечно-элементное моделирование испытания на вытаскивание

Численное моделирование было основано на программном обеспечении конечных элементов ABAQUS/CAE 2017, с использованием осевой симметрии объектов, см. рис. 1(а и б). Образец бетона - цилиндр диаметром 200 мм и высотой 200 мм, образец арматуры из углепластика диаметром 8, 10 и 12 мм, используются гладкие и профилированные поверхностные арматуры (высота профиля - 10% диаметра арматуры. Длина заделки стержней составляет 5 и 10 раз больше диаметра арматуры. Поведение бетона воспроизводится максимально близко к реальному, с учетом разрушения, микрорастрескивания, повреждаемости, пластичности и др. Применение такой модели описано в работе [5], что актуально при оценке рисков и живучести сооружений [6, 7]. Были записаны значения усилия вытягивания и скольжения на ненагруженном конце арматурного стержня, и прочность сцепления была рассчитана по формуле 1:

$$\tau = \frac{F_{max}}{\pi \cdot D \cdot l_b} \quad (1)$$

Где; τ -прочность сцепления (Мпа), D -Диаметр арматуры (мм), l_b -глубина заделки (мм), F_{max} -Максимальное усилие вытягивания (Н).

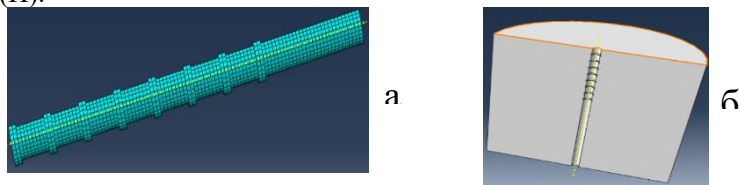


Рис. 1.(а)- Образец профилированной арматуры, (б) - Образец бетона.

Результаты. По результатам численного моделирования было отмечено, что гладкие арматурные стержни из углепластика имеют очень низкую прочность сцепления по сравнению с профильными арматурными стержнями из углепластика, см. рис.3(а и б). Для профилированных арматурных стержней из углепластика было отмечено, что прочность сцепления уменьшается с увеличением диаметра арматуры, далее прочность сцепления с увеличением длины заделки, см. рис. 2 (а и б).

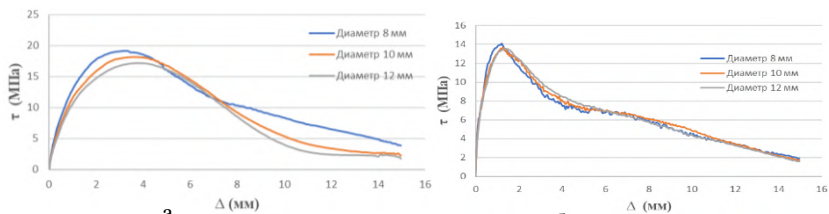


Рис. 2. Зависимость касательных напряжения- сдвига (а)-10D глубина анкеровки, (б)- 5D глубина анкеровки, профилированная арматура.

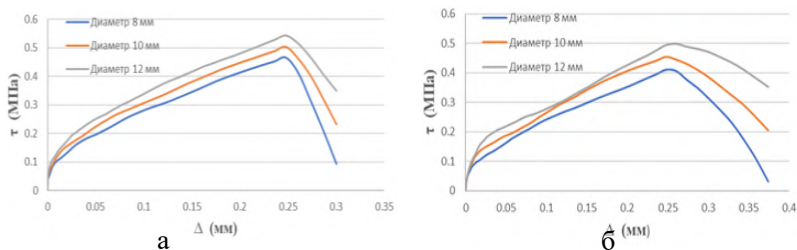


Рис. 3. Зависимость касательных напряжения- сдвига (а)-5D глубина анкеровки, (б)- 10D глубина анкеровки для гладкой арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Baena M., Turon L., Barris C.* Experimental study of bond behaviour between concrete and FRP bars using a pull-out test. Elsevier. 2009. № 40. С. 784-797.
2. *AL-mahmoud F., Castel A, Francouis R., Tourneur C.* Effect of surface pre-conditioning on bond of carbon fibre reinforced polymer rods to concrete. Elsevier. 2007. № 29. С. 677-689.
3. *Fethi K., Ramana M.P.* Composite rebars shape effect in reinforced structures. Elsevier. 2005. Т. 67. № 1. С. 19-26.
4. *Achillides Z., Pilakoutas K.* FE modelling of bond interaction of FRP bars to concrete. Structural Concrete. 2006. Т. 7. № 1. С. 7-16.
5. *Beliaev M., Semenov A., Semenov S., Benin A.* Simulation of pulling the reinforcing bar from concrete block with account of friction and concrete damage. // MATEC Web of Conferences. 2016.
6. Тамразян А.Г. К оценке риска чрезвычайных ситуаций по основным признакам его проявления на сооружение. Бетон и железобетон. 2001. № 5. С. 8-10.
7. Тамразян А.Г. Ресурс живучести - основной критерий проектных решений высотных зданий. Жилищное строительство. 2010. № 1. С. 15-18.

ПАРАДНЫЕ ЛЕСТНИЦЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ МАРШАМИ

В фойе и холлах общественных зданий часто проектируются парадные лестницы, которые не только согласовываются, но и формируют общий интерьер здания. Парадные лестницы обычно ведут на второй этаж здания. В большинстве случаев по способу возведения и материалу они являются монолитными железобетонными. При этом часто парадные лестницы имеют марши и площадки криволинейного очертания в отличие от обычных лестниц жилых зданий с прямыми маршами и прямоугольными площадками [1].

На рис. 1а представлен общий вид парадной лестницы современного общественного здания. Лестница расположена в фойе первого этажа здания. По лестнице можно попасть на второй этаж здания с отметки 0,000 на отметку +4,650. Лестница имеет промежуточную площадку на отметке +2,400. Наружный радиус и ширина лестницы составляют, соответственно, 3650мм и 1450 мм (рис.1б).

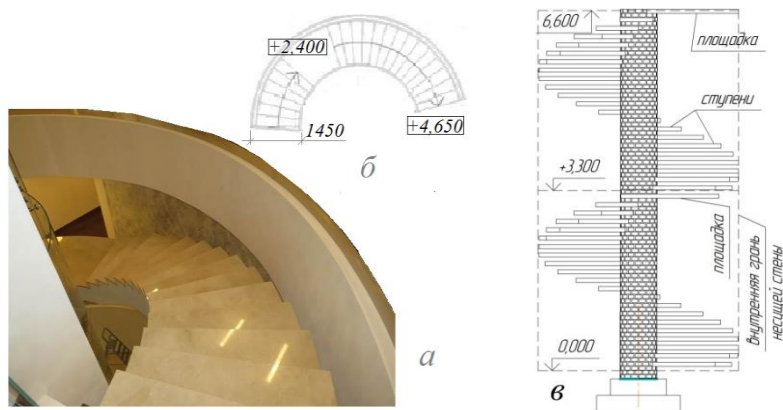


Рис.1. Общий вид (а) и план (б) парадной криволинейной лестницы в холле общественного здания и винтовой в кирпичной клетке круглого плана (в)

На рис.1в показана винтовая лестница со ступенями и площадками, опертными на кирпичный столб и кирпичную стену лестничной клетки круглой в плане [2]. Расчетная схема несущих элементов винтовой лестницы (сквозных ступеней) - балка на двух опорах, в то время как для криволинейной лестницы (рис. 1а) со сплошными ступенями,

представляющей единое целое с двумя криволинейными косоурами, должна быть построена пространственная расчетная модель. Следует отметить, что винтовые лестницы являются частным случаем криволинейных лестниц, которые закручены не менее, чем на один оборот.

Кроме описанного выше конструктивного решения лестницы с криволинейными маршами и площадками, опертými на криволинейный брус (брусья) можно рассмотреть конструктивное решение лестницы в виде сплошной плиты криволинейного очертания, на которой непосредственно размещены ступени. По [3] для такой лестницы рекомендуется принимать следующие геометрические размеры: внутренний радиус назначается равным 1...1,5 м, ширина плиты – около 2000 мм при ее толщине 15 см. Может иметь место также вариант конструктивного решения лестницы с боковыми глухими ограждениями в виде железобетонных балок-стенок с поперечным сечением 80×20 см и легкими сквозными ступенями, закрепленными в нижней части этих балок-стенок.

Представляет определенный интерес конструктивное решение висячих лестниц в зданиях старой постройки [4]. На рис.2а представлен общий вид висячей винтовой лестницы.

Каменные ступени таких лестниц должны были быть хорошо обработанными, так как все участки поверхности, кроме участков заделки ступеней в стену, являются лицевыми. Практиковалась следующая глубина заделки ступеней в кирпичную стену: в общем случае – на один кирпич, но каждая третья или четвертая ступень должна была быть заделана в стену не менее, чем на 35 см. Ступени лестницы должны были плотно прилегать и надежно опираться друг к другу, тем самым обеспечивая совместность работы ступеней, как элементов висячей лестницы. Тогда описанное закрепление ступеней в стену считалось вполне надежным.

Расчет лестниц с криволинейными маршами выполняется с использованием программных комплексов, в том числе с использованием ПК ЛИРА. На рис.2б приведена пространственная расчетная схема лестницы с криволинейным маршем, построенная с учетом приведенных геометрических размеров средствами ПК ЛИРА. При построении расчетной схемы сначала строятся узлы по трем окружностям $R=0,9$ м, $R=1,5$ м, $R=2,1$ м, затем узлы перемещаются на нужную высоту (от 0 до 3,2 м) и объединяются стержнями, которые моделируют криволинейный брус и ступени. После задания жесткости и материалов, закрепления опорных узлов и нагружения ступеней выполняется расчет [5]. Этот расчет должен учитывать основные особенности работы сооружения [6-9].



Рис.2. Общий вид висячей винтовой лестницы в здании старой постройки (а) и пример построения расчетной схемы лестницы с криволинейным маршем: исходная геометрия, расчетная схема, 3-D графика расчетной модели (б)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малахова А.Н., Морозова Д.В. Проектирование железобетонных и металлических лестниц. – М., АСВ, 2008, 168с.
2. Малахова А.Н. Винтовая железобетонная лестница из мелкокоразмерных элементов. –Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР 2014 - Чебоксары, 2014, с.18-22
3. Канчели В.Н. Строительные пространственные конструкции. – М., АСВ, 2004, С.52-55.
4. Бурак Л.Я., Рабинович Г.М. Техническая экспертиза жилых зданий старой постройки. – Л., Стройиздат, 1977, С.51-54.
5. Малахова А.Н. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий. – М., МГСУ, 2018, С.188-190.
6. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
7. Тамразян А.Г. К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 26-27.
8. Тамразян А.Г. Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 77-83.
9. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.

ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И МОРСКОЙ ВОДЫ НА КОРРОЗИЮ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Действие водной среды, ее переменчивость (изменение уровня воды), повышенная агрессивность морской воды, а также циклическое замораживание и оттаивание (ЦЗО) постоянно сопровождают эксплуатацию гидротехнических сооружений. Такое состояние опасно как для части конструкции, находящейся под водой, так и для участков над водой [1-4].

Ввиду такого активного воздействия на плотину окружающих факторов, в сооружениях могут начаться разрушающие процессы. Для железобетонных конструкций в целом, и гидротехнических в частности, одной из самых опасных и распространенных считается коррозия арматурной стали. Такое повреждение может привести к образованию и накоплению деградационных процессов таких как: развитие коррозионных трещин в защитном слое бетона и его отслоение, снижение площади поперечного сечения арматуры; уменьшение прочности сцепления арматуры с бетоном; изменение механических свойств арматурной стали.

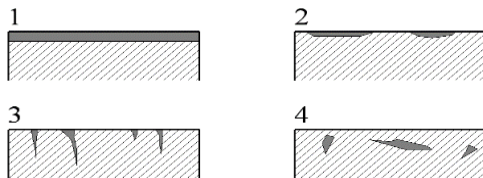


Рис.1. Виды коррозионных повреждений:

- 1 – равномерная коррозия, 2 – местная, 3 – точечная,
4 – межкристаллитная

Коррозию поверхности металла можно классифицировать по характеру деградации [2,3,5,4] (рис. 1): общая коррозия, действующая равномерно на всю поверхностную площадь; местная или локальная, прогрессирующая в целом на отдельных участках арматуры без сильного проникновения; точечная коррозия проявляется на незначительных участках поверхности, но с усиленным проникновением вглубь сечения; на границах кристаллитов образуется межкристаллитная коррозия.

Долговечность конструкции определяется предельными состояниями по несущей способности и деформации. Нормативная долговечность железобетонных конструкций зданий из тяжелого бетона, эксплуатируемых в агрессивных средах назначается согласно СП 28.13330.2012, что соответствует сроку в 50 лет. Но на практике, в

зависимости от насыщенности воздействия окружающей среды, время эксплуатации сооружений значительно меньше. Поэтому в СП приняты три степени агрессивности среды: сильная, средняя и слабая.

Обеспечение долговечности сооружения и железобетонных конструкций, на практике производится за счет контролирования толщины защитного слоя в соответствии со степенью агрессивности среды, вида, диаметра и расположения арматуры, марок бетона по морозостойкости и водонепроницаемости, класса бетона по прочности, а также максимально допустимых значений водоцементного отношения первоначально [5, 6].

Изменение площади поперечного сечения рабочей арматуры поможет оценить напряженно-деформированное состояние сечений железобетонного элемента, подверженного коррозионному воздействию. Таким образом за определённый промежуток времени определяется изменение площади рабочей арматуры:

$$A_{s,t} = A_s - \Delta A_{st}, \quad (1)$$

где площадь сечения арматуры: $A_{s,t}$ – остаточная, A_s – начальная, ΔA_{st} – потерянная в результате коррозии.

Уменьшение площади арматурного стержня ΔA_{st} можно определить, зная глубину коррозионных повреждений δ_{cor} [5]:

$$\delta_{cor} = \frac{k \cdot t^n}{\sqrt{a_1}} \quad (2)$$

где k и n – эмпирические коэффициенты, a_1 – защитный слой бетона в мм, t – время коррозионного процесса.

Экспериментально было установлено влияние морской воды на развитие коррозионных процессов в арматуре железобетонных конструкций. Опытными образцами выступили железобетонные призматические стержни длиной 80 см прямоугольного сечения с размерами 12см×18см. Стержень армировался четырьмя арматурными стержнями класса А400 периодического профиля Ø16 мм, с принятой толщиной защитного слоя продольной арматуры 15 мм. Методика испытания образцов заключалась в проведении двух серий. Обе серии образцов периодически водонасыщались морской водой при температуре +15°C, но вторая серия так же подвергалась циклическому замораживанию до -50°C и оттаиванию до +15°C в морской воде. По завершении испытания определялась глубина коррозионного повреждения продольной рабочей арматуры ($\Delta d_s = 2\delta_{cor}$).

Зависимость толщины коррозионного повреждения арматуры от времени по результатам испытаний представлен на рис. 2.

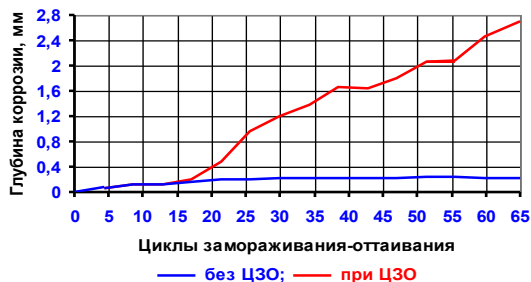


Рис. 2. Глубина коррозионного повреждения арматуры

Первые семнадцать циклов проходят идентично, т.к. глубина коррозионного повреждения одинакова и составляет 0,19 мм для двух серий образцов. Далее и до конца испытания в образцах первой серии прослеживается увеличение Δd_s , в то время как образцы второй серии после 17 ЦЗО отмечено начало разрушения защитного слоя бетона и интенсивный рост глубины коррозионного повреждения арматуры.

Как итог, в образцах первой серии Δd_s увеличилось на 26%, а второй – в 6,3 раз и достигли значения 2,6 мм. Если же оценивать скорость коррозии, то она составила: для образцов первой серии 0,016 мм/г; для образцов второй серии 0,174 мм/г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилов А.Ю., Федюк Р.С. и др. Коррозия железобетона в морской воде // Лолейтовские чтения-150, 2018. С. 85-91.
2. Васильев А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов // Бетон и железобетон – 2000. № 2. С.20–23.
3. Уткин В.С. Определение остаточной несущей способности железобетонных балок на стадии эксплуатации по критерию прочности арматуры и бетона. // Инженерно-строительный журнал, № 1 (53). 2015. С. 15-23.
4. Дронов А.В. Особенности развития питтинговой коррозии стальной арматуры железобетонных изгибаемых элементов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №3. 2017. С. 32-36.
5. Кодыш Э.Н., Мамин А.Н. др. К вопросу о долговечности железобетонных конструкций // Лолейтовские чтения-150, 2018. С. 145-150.
6. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 00162.

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При проектировании железобетонных конструкций надо обеспечить не только их прочность, но и необходимую трещиностойкость, деформативность и надежность [1-9]. Как показали многочисленные обследования железобетонных конструкций, степень поражения арматуры коррозией с увеличением ширины раскрытия трещин возрастает, однако резкое увеличение интенсивности коррозии наблюдается при ширине раскрытия трещин более 0,3 мм. Поэтому в нормах принято, что ширина раскрытия нормальных и наклонных трещин не должна превышать 0,3 мм на уровне растянутой арматуры. Ограничение прогибов железобетонных конструкций ограничивают с целью обеспечения условий для нормальной эксплуатации зданий и сооружений.

В настоящей статье представлены результаты расчета тавровых и двутавровых железобетонных элементов по определению момента образования трещин нормальных к продольной оси и по определению максимального прогиба изгибаемых элементов по трем методикам: СНиП 2.03.01-84*, СП63.13330.2018 и с использованием билинейной диаграммы состояния бетона.

Численные исследования производились на элементах таврового и двутаврового сечений, различающихся кроме того классами бетонов, армированием, отсутствием или наличием предварительного натяжения продольной арматуры с различным усилием обжатия.

Прогибы, определялись как для свободно опертых балок при нагрузках равных $0,5M_{ult}$, $0,7M_{ult}$, $0,9M_{ult}$.

Выражение для определения момента образования трещин имеет вид

$$M_{crc} = Rbt, n \times bh^2 \left(0.4526 \left(1 + \frac{\frac{r\xi^3}{3} + (\xi - q's)^1 + (\xi - q's)^2 + (\xi - qf')^1 + (1 + \xi - qs)^1}{1 + \xi} \right) \right),$$

где

$$as = \frac{30 \times As}{Rbt, n \times bh}; \quad as' = \frac{30 \times As'}{Rbt, n \times bh}; \quad r = \frac{Rbn}{Rbt, n \times 10}$$

$$aov' = \frac{bf' - b}{bh \times hf}; \quad aov = \frac{bf - b}{bh \times hf}; \quad q'f = \frac{hf}{2h}; \quad qf = \frac{hf}{2h};$$

$$\xi = \frac{x}{h}; \quad h = Z + \sqrt[+]{Z^2 - \frac{0.733 + as(1 - qs) + as' \times qs' + r \times qf' \times a'ov + aov + p}{0.733 + 0.5r}}$$

$$Z = \frac{0.733 + \frac{as + as' + r \times a'ov + p + aov}{2}}{0.733 + 0.5r}.$$

$bf, b'f$ – толщины нижней и верхней полок;

h_f, h'_f – высоты нижней и верхней полок;
 A_s, A'_s – площади сечения нижней и верхней арматуры;
 b – толщина стенки;
 h – высота сечения;
 $R_{bt,n}$ – нормативное сопротивление бетона осевому растяжению.

Результаты вычислений представлены в таблице.

Таблица 1

Величины опытных и теоретических моментов образования трещин

Мар-ка	Класс бетона	M_T 84*	M_T 63	M_T НДМ	M_T опыт	M_T 84* / M_T	M_T 63 / M_T	$M_{тнДМ}$ / M_T
ПН6-1	B50	125.3	121.7	118.26	119.24	5.8%	2.1%	-0.8%
ПН6-3	B50	126.7	121.1	122.72	119.31	6.2%	1.5%	2.8%
Д-3-2А	B20	12.36	9.18	12.98	13.717	9.9%	-33%	-5.1%
Д-3-1Б	B40	15.25	11.33	12.95	13.459	13.3%	-16%	-3.8%

Из полученных численных результатов можно сделать вывод, что значения момента образования нормальных трещин, определяемые на основе нелинейной деформационной модели для конструкций без предварительного напряжения арматуры имеют расхождение с опытными данными в среднем не более 10%. Для образцов с предварительным напряжением арматуры это расхождение снижается до 6%.

Значения момента образования нормальных трещин, определяемые по методике СП63.13330.2018 для элементов без предварительного напряжения арматуры и классов бетона В15 и В20 получаются существенно заниженными по отношению с экспериментальными данными. Процент расхождения достигал 45%. Для высокопрочных образцов классов В50 и выше расхождение с опытными данными в среднем не превышало 7%.

В действующем своде правил СП 63.13330.2018 целесообразно связать методику определения упруго-пластического момента сопротивления сечения с прочностью бетона и скорректировать коэффициент γ .

Сопоставление прогибов экспериментальных и расчетных показали, что начиная с нагрузки 0.6 от разрушающей расхождение с опытными данными в значениях прогибов возрастают по всем трем методикам. При нагрузке в 0.7 от разрушающей расхождение составляет в среднем составляет 15%. При нагрузке в 0.9 от разрушающей прогибы опытных образцов превышают расчетные на 40%.

Для определения прогиба изгибаемого элемента на стадиях близких к потере несущей способности следует учитывать интенсивное снижение

жесткости сечения за счет частичного разрушения в зоне максимальных усилий и развития неупругих деформаций в бетоне сжатой оны и растянутой арматуры.

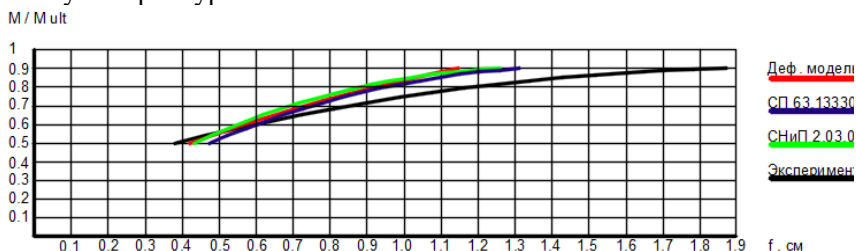


Рис. 2. Зависимость опытных и расчетных прогибов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Э. Н. Кодыш, И. К. Никитин, Н. Н. Трекин.* Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и деформациям. Монография. – М.: АСВ, 2009. – 343 с
2. *Байков В.Н., Сигалов Э.Е.* Железобетонные конструкции. Общий курс. 1991 (1985).
3. *Трёкин, Д. Н.* Определение прогибов изгибаемых железобетонных элементов без предварительного напряжения на основе деформационной модели / Д. Н. Трёкин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 37 (275). — С. 103-106.
4. *Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Трекин Д.Н.* Расчет по образованию нормальных трещин на основе деформационной модели. – Промышленной и гражданское строительство, 2016г. С.69-78.
5. *Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Трекин Д.Н.* Анализ деформативности изгибаемых железобетонных элементов. – Промышленной и гражданске строительство, №6,2013г.С.59-61.
6. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-102*2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. - М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005.-158 с.
7. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
8. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.
9. 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.

СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

В современной строительной практике широкое применение получают монолитные безбалочные перекрытия. Конструкции такого типа отвечают современным требованиям, к которым можно отнести - создание сооружений любой сложности, использование возможности гибкой планировки, уменьшение веса и общего объёма конструкций.

Впервые здание с данным видом перекрытия было спроектировано А.Ф. Лолейтом в 1908 году. Массовое применение безбалочных конструкций в СССР началось в 30-х годах XX века. В безбалочных перекрытиях плита располагается непосредственно на колоннах, увеличивая на них давление.

Усиление конструкций безбалочных монолитных перекрытий относится к числу сложных, ответственных и опасных работ, поэтому они должны осуществляться под непосредственным руководством специалиста (инженера, мастера, прораба). В России правила проектирования и расчёта усиления монолитных безбалочных перекрытий закреплены в ряде нормативно-правовых документов.

Разработаны и используются следующие способы усиления монолитных безбалочных перекрытий: метод наращивания сечений – набетонка; усиление углепластиковыми холстами [1-5].

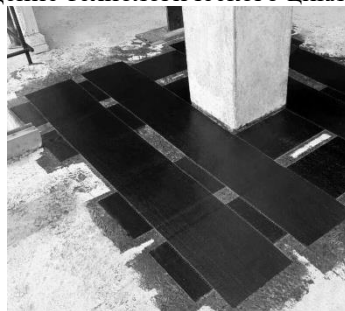
1. Усиление углепластиковыми холстами.

Углеволокно является высокопрочным, высоко модульным, линейно-упругим материалом. Имея четырёхкратную прочность на разрыв, больше чем у лучших марок стали, углеволокно намного легче железа (на 75%) и алюминия (на 30%). Этот материал пользуется большим спросом в строительной сфере, так как имеет высокую прочность. Усиление плит перекрытий выполняется путём наклейки углеволокна в наиболее напряжённых зонах – обычно в центре пролёта по нижней грани конструкции и на опорных зонах по верхним граням плит. Это повышает их несущую способность по изгибающим моментам. Для решения таких задач подходят все виды углеродных материалов - ленты, ламели и сетки.

Особое внимание при проектировании следует уделять обеспечению анкеровки продольных лент, которая должна осуществляться заведением волокон за расчётное сечение на длину, достаточную для передачи усилия на ленту, а также возможности учета особых воздействий [6, 7].

Внешнее армирование углеволокном более всего оправдано в случаях, когда необходима высокая скорость производства работ, имеется небольшой объём усиливаемых конструкций и необходимо сохранить внешний облик конструкции.

Как и у любой другой технологии усиления, у рассматриваемого варианта имеются и недостатки. Во-первых, это высокая стоимость материала - углеволокна. Во-вторых, требуется дополнительная защита от огня. В-третьих, необходимо тщательно готовить бетонную поверхность для обеспечения надёжной адгезии. В-четвёртых, монтаж композитных материалов требует высокой квалификации рабочих, соблюдение технологического цикла.



а)



б)

Рисунок 1. Усиление углеволокном монолитного перекрытия.
а) приопорная зона; б) пролётная зона.

2. Усиление наращиванием сечения перекрытия - набетонка.

Одним из методов изменения несущей способности конструкций является увеличение площади поперечного сечения элемента, который заключается в наращивании сечения конструкции в требуемых зонах. В железобетонных и каменных конструкциях наращивание производится в виде набетонок (выполняется с одной стороны), рубашек (с трёх сторон) и обойм (с четырёх сторон). Варианты усиления методом набетонки представлены на рисунке 2. Этот способ усиления требует остановки производственного процесса, а также частичной разгрузки конструкции с целью последующего загрузения и включения в работу наращенных элементов. Метод отличается длительностью срока исполнения, так как связан с мокрыми процессами бетонирования и требует ожидания набора бетоном прочности. Данный метод имеет недостатки: увеличение количества цемента в бетонной смеси приводит к перерасходу ресурсов, а снижение прочности получаемой конструкции на изгиб приводит впоследствии к её быстрому разрушению. Снижение прочности бетона является следствием увеличения количества трещин. В этом методе

наиболее эффективно использование сталефибробетона, который является самоуплотняющимся, и позволяет усилить различные безбалочные элементы, а также сократить деформации за счёт наличия в его структуре фибры.

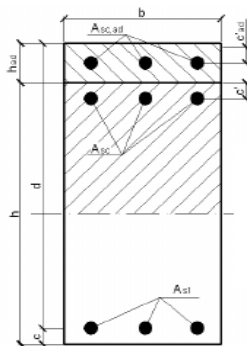


Рисунок 2. Расчётная схема усиления.

Выводы. Сравнение данных методов позволяет сделать следующие выводы: усиление углеволокном по сравнению с набетонкой более дорогостоящее, требуются специалисты высокой квалификации; метод «набетонка» требует полной разгрузки усиливаемого перекрытия, что не всегда возможно, и уменьшает внутреннее пространство помещения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малахова А.Н. Усиление монолитных плит перекрытий жилых зданий стеновой конструктивной системы//Строительство: наука и образование.-2012, №4, с. 3.
2. Малахова А.Н. Усиление монолитных плит перекрытий жилых зданий стеновой конструктивной системы//Строительство: наука и образование.-2012, №4, с. 3.
3. Клюев А.В., Пикалова Е.К. Технология усиления конструкций углеволокном //Сборник трудов к 160-ию В.Г. Шухова.-2013, с. 33-37.
4. Варламов А.А., Пянь Е.И. Методика исследования сжатой зоны изгибаемый железобетонных элементов //Актуальные проблемы современной науки. -2017, №1, с.253-255.
5. Попов М.А, Михайлов В.А. Методы усиления несущих конструкций//COLLOQUIUM-JOURNAL.-2018, №9-3, с. 5-8.
6. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
7. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 181-189.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ- ОТТАИВАНИЯ НА ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТОГО БЕТОНА

В настоящее время при расчете железобетонных конструкций широко используются деформационные модели материалов. При этом используются диаграммы бетона при сжатии с учетом нисходящей ветви [1,2]. Аналитическое описание зависимости « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » связано с определением таких характеристик бетона, как призменная прочность, начальный модуль упругости, предельные деформации сжатия (ε_{b0}) при $\sigma_b = R_b$, то есть в вершине диаграммы. В отечественных нормах для обычных тяжелых бетонов принято среднее значение $\varepsilon_{b0} = 200 \cdot 10^{-5}$. В европейских нормах (Еврокод 2) величина предельных деформаций сжатия зависит от прочности бетона.

На сегодняшний день стойкость бетонных и железобетонных конструкций к циклическому знакопеременному температурному воздействию достигается через обеспечение марки бетона по морозостойкости [3, 4]. В лабораторных условиях в основном исследуют влияние циклического замораживания и оттаивания (ЦЗО) на фактическую прочность бетонных образцов-кубов и начальный модуль упругости [4, 5]. Немало важное влияние ЦЗО оказывает и на предельные деформации бетона при сжатии, которое остается практически не исследованным. Деформативно-прочностные характеристики бетона в условиях циклического попеременного воздействия разнознаковых температур главным образом зависят от его влажности. Наряду с морозостойкостью не менее важное значение имеет рассмотрение для конструкций и повышенных температур [6].

В качестве опытных образцов использовались стандартные бетонные призмы размером 10x10x40 см в возрасте 180 суток, состав которых П/Ц:Щ/Ц:В/Ц = 2,2:4,7:0,6. Образцы делились на три серии в зависимости от их влажности: образцы первой серии имели $W = 3,55\%$ (естественная влажность), образцы второй серии - $W = 5,05\%$ (водонасыщение в течении 4-х суток), образцы третьей серии - $W = 6,5\%$ (водонасыщение в течении 4-х недель).

Диапазон температур при ЦЗО составил от +20°C до -50°C.

Испытание образцов на сжатие при температуре +20°C производилось с периодичностью 0, 20, 40 и 60 циклов замораживания-оттаивания.

Результаты испытаний представлены в виде графика зависимости

предельных деформаций сжатого бетона различной влажности от количества циклов замораживания оттаивания представлены на рис.1.

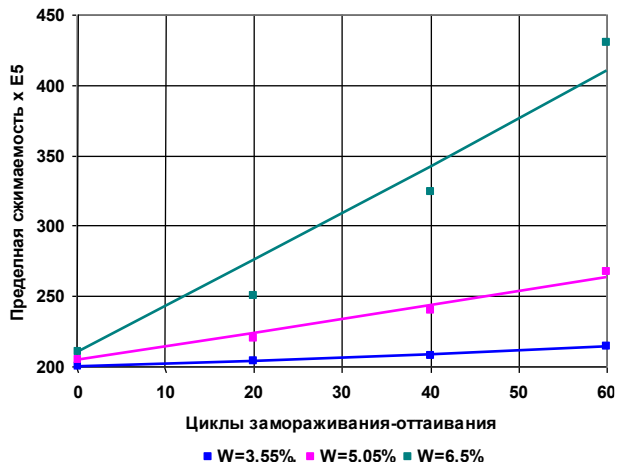


Рис.1. График зависимости предельных деформаций сжатого бетона от количества циклов замораживания оттаивания

Результаты исследований 60 ЦЗО показывают, что увеличение предельных деформаций бетона с $W = 3,55\%$ составляет 7% (с $200 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. до $214 \cdot 10^{-5}$); с влажностью $W = 5,05\%$ - 30% (с $205 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. до $267 \cdot 10^{-5}$); с влажностью $W = 6,05\%$ - 105% (с $210 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. до $430 \cdot 10^{-5}$). Так же увеличение влажности бетона с $W = 3,55\%$ до $W = 6,05\%$ приводит к росту предельных деформаций сжатого бетона (ε_{b0}) в 2,05 раза.

На основании полученных результатов и опытных данных из различных источников получена зависимость для предельных деформаций сжатого бетона при ЦЗО ($\varepsilon_{b0,c}$) в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания и влажностных условий эксплуатации.

$$\varepsilon_{b0,c} = \left(6 \cdot 10^{-6} C^2 + k_w 8 \cdot 10^{-4} C + 1 \right) \varepsilon_{b0}, \quad (1)$$

где ε_{b0} - предельные деформации сжатого бетона до ЦЗО;

C - циклы замораживания-оттаивания;

k_w - коэффициент, учитывающий влажность бетона, значения которого приведены в таблице 1.

Результаты расчетов $\varepsilon_{b0,c}$ для бетонов различной влажности представлены на рис.1 в виде соответствующих сплошных линий.

Коэффициент k_w , учитывающий влажность бетона

Переменное замораживание и оттаивание в условиях		
воздушной среды	эпизодического водонасыщения	водонасыщенного состояния
$W \leq 4\%$	$4\% < W \leq 5,5\%$	$W > 5,5\%$
$k_w = 1,0$	$k_w = 5,5$	$k_w = 19,375$

Выводы

1. При 60 ЦЗО предельные деформации сжатого бетона с влажностью $W = 3,55\%$ увеличиваются на 7%, с влажностью $W = 5,05\%$ на 30%, с влажностью $W = 5,05\%$ на 105%.

2. Предложена зависимость для предельных деформаций сжатого бетона в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания и влажностных условий эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство, № 1.–2013. С. 28-30.

2. Струлев В.М., Р.А. Яркин Р.А. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Вестник ТГТУ. – 2003, том 9. №2. С.277-281.

3. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. – 2015, №1. С.93...103.

4. Истомин А.Д., Назаров Т.А. Влияние природных циклов замораживания — оттаивания на прочность и деформативность бетона // Технология текстильной промышленности. № 3(381) - 2019. С. 52-56.

5. Истомин А.Д., Александров Е.Н., Огурцова Л.П. Влияние способа водонасыщения бетона и отрицательной температуры на его деформативно-прочностные характеристики // Наука и техника в дорожной отрасли. № 4 - 2018. С. 40-42.

6. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСИЛИЙ В ЦЕНТРАЛЬНО РАСТЯНУТОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ ПРИ СМЕЩЕНИИ ОПОР

Работа статически неопределимых железобетонных конструкций в суровых климатических условиях характеризуется наличием температурных усилий [1,2]. При этом температурные усилия могут в отличие от силовой нагрузки, либо увеличиваться, либо снижаться практически до нуля. Увеличение этих усилий вызвано повышением прочностных и деформативных характеристик бетона при замораживании, а снижение связано податливостью опор [3,4]. Действующие нормативные документы по расчету железобетонных конструкций ограничиваются общими рекомендациями по необходимости учета изменения жесткости конструкций и температурных усилий при замораживании и ЦЗО. В результате из-за недостаточно обоснованного учета температурных усилий фактические нагрузки могут привести к превышению допустимого уровня напряжений по трещиностойкости и долговечности.

Цель исследований – изучение влияния степени податливости опор на температурные усилия в центрально растянутых железобетонных элементах в условиях ограниченной подвижности опор.

В качестве опытных образцов был принят железобетонный центрально армированный элемент прямоугольного сечения размером 12см x 18см, длиной 80см. Процент армирования $\mu = 1,45\%$. При этом варьировались: степень податливости опор; уровень продольной силовой нагрузки.

Методика испытаний железобетонных образцов на температурное воздействие заключалась в следующем [5, 6]. Образец, помещенный в силовую установку при температуре $+15^{\circ}\text{C}$ замораживался до -50°C . При этом образец сокращался на величину Δ_t . После того, как температура выравнивалась, образец растягивался двумя гидравлическими домкратами на величину температурных перемещений Δ_t за вычетом перемещений опор. Величина перемещений Δ_t измерялась с помощью четырех индикаторов, установленных на арматуре, на базе 400мм.

На рис.1 представлены изменения свободных температурных деформаций бетона, арматуры класса А400 и железобетонных стержней при изменении температуры до -50°C . При -50°C коэффициент температурных деформаций (КТД) бетона равен $0,78 \cdot 10^{-5} 1/^{\circ}\text{C}$. Температурные деформации арматуры незакрепленного

железобетонного бруса меньше температурных деформаций арматурной стали на 31%. При этом значение КТД стали на всем участке изменения температуры остается постоянным и равно $1,2 \cdot 10^{-5} 1/0^{\circ}\text{C}$.

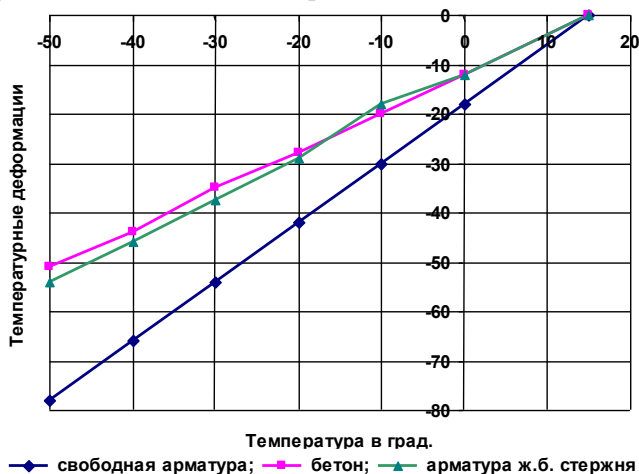


Рис.1. Температурные деформации

На рис. 2 представлены температурные усилия, возникающие в статически неопределимом стержне, при различном начальном нагружении, в зависимости от относительной податливости опор (Δ_{sup}/Δ_T).

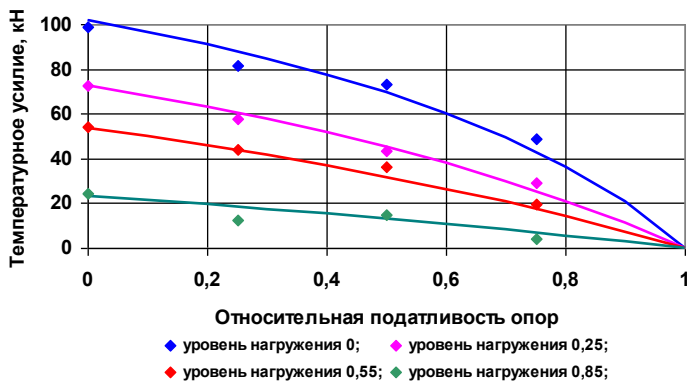


Рис.2. Температурные усилия в статически неопределимом стержне

При отсутствии податливости опор температурное растягивающее усилие в железобетонных элементах уменьшается при уровнях нагружения $N/N_{ult} = 0,25; 0,55; 0,85$ соответственно на 29%, 43%, 77%.

Для соотнесения с опытными данными на рис.2 представлены графики изменения температурного растягивающего усилия в балке, полученные расчетным путем:

$$N = (\Delta_T - \Delta_{sup}) \cdot C(x) / L \quad (4)$$

где Δ_T - свободные температурные перемещения элемента; Δ_{sup} - перемещения опор; L - длина железобетонного элемента; $C(x)$ - осевая жесткость элемента; L - длина железобетонного элемента.

Выводы

1. При отсутствии податливости опор температурное растягивающее усилие в железобетонных балках уменьшается при уровнях нагружения $N/N_{ult} = 0,25; 0,55; 0,85$ соответственно на 29%, 43%, 77%.

2. При податливости опор, равной 75% от температурных перемещений свободного элемента, температурное растягивающее усилие уменьшается в среднем на 67%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шапиро Г.И., Коровкин В.С. К вопросу о напряженно-деформированном состоянии жилых и общественных зданий при температурных воздействиях // Промышленное и гражданское строительство, № 12.–2008. С. 5-7.

2. Попов В.М., Плюснин М.Г. Оценка несущей способности железобетонных конструкций в естественных условиях холодного климата // Вестник гражданских инженеров. №2 (43). С.42-47.

3. Истомин А.Д., Кудрявцев А.В. Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, №7. С.51-55.

4. Истомин А.Д., Александров Е.Н., Огурцова Л.П. Влияние способа водонасыщения бетона и отрицательной температуры на его деформативно-прочностные характеристики // Наука и техника в дорожной отрасли. № 4 - 2018. С. 40-42.

5. Истомин А.Д. Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре // Технология текстильной промышленности. № 2 (368) - 2017. С. 141-144.

6. 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.

КОЭФФИЦИЕНТ ПОПЕРЕЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СЖАТОГО БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Коэффициент поперечных деформаций - это величина отношения относительного поперечных деформаций к продольным деформациям.

В бетоне различают деформации двух видов: объемные, развивающиеся во всех направлениях и силовые, развивающиеся вдоль направления действия сил. Поперечные деформации, у которых начальный коэффициент поперечной деформации бетона $\nu=0,2$ относят к силовым продольным деформациям. Для тяжелых бетонов коэффициент поперечной деформации в пределах упругости может изменяться и не превышает 0,2, и равен 0,16...0.18 [1,2,3,4].

На коэффициент поперечной деформации влияет морозостойкость сжатого бетона. Долговечность бетона в условиях знакопеременных температур зависит от марки по морозостойкости, характеризующиеся числом циклов замораживания оттаивания. В условиях замораживания и оттаивания на продольные и поперечные деформации бетона оказывает влияние влажность [1-5]. При понижении температуры до -20°C происходит сокращение матрицы бетона, и вода в больших порах начинает замерзать.

Проведены исследования по влиянию циклических замораживаний и оттаиваний на коэффициент поперечной деформации сжатого водонасыщенного бетона.

В термокамере бетонные призмы возрастом 180 суток с размером $10 \times 10 \times 40$ см водонасыщались 7 суток до влажности 5,95% .

Понижение температуры бетона образцов происходило от $+20^{\circ}\text{C}$ до -50°C . Испытание образцов на сжатие производили после 0, 20, 40 и 60 циклов замораживания-оттаивания.

Результаты испытаний в виде зависимости коэффициента поперечных деформаций сжатого водонасыщенного бетона от количества циклов замораживания оттаивания представлены на рис. 1

При циклическом замораживании-оттаивании наблюдается увеличение коэффициента для водонасыщенного бетона. При 20 циклах коэффициент увеличился на 6%, при 40 циклах – на 18%, при 60 циклах - на 32%.

На рисунке 2 показана зависимость коэффициента поперечных деформаций от уровня напряжений и количество циклов замораживания оттаивания .При напряжениях в пределах 30 % от призмной прочности коэффициент не уменьшатся, а только увеличивается, из -из

чего делаем вывод ,что структура бетона не уплотняется ,то есть происходит малые деструктивные процессы в бетоне.

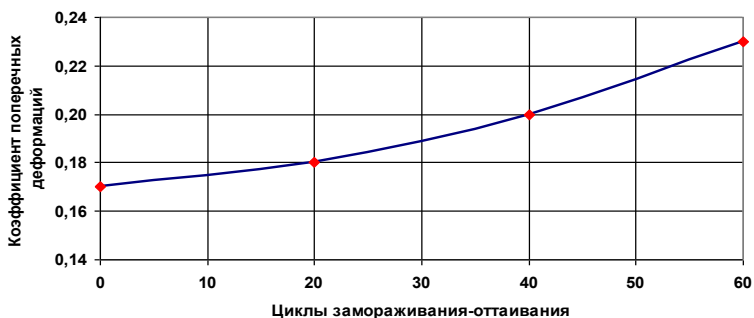


Рис.1. Коэффициент поперечных деформаций сжатого водонасыщенного бетона от количества циклов замораживания оттаивания.

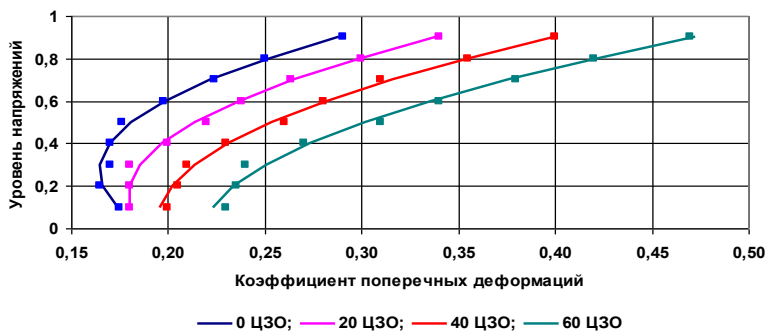


Рис.2. Зависимость коэффициента поперечных деформаций бетона от уровня напряжений и количества циклов замораживания оттаивания

При увеличении количества циклов замораживания до 60 увеличивается коэффициент поперечной деформации как при низких напряжениях, так и при высоких. Следует отметить, что рассмотренные вопросы неразрывно связаны с обеспечением безопасности конструкций, их качества и прогнозирования сроков их службы [6-8].

Выводы

1. При циклическом замораживании-оттаивании наблюдается увеличение коэффициента ν для бетона с влажностью 5,95% : при 20 циклах на 6%, при 40 циклах – на 18%, при 60 циклах - на 32%.

2. При напряжениях $\sigma_b \leq 0,3R_b$ после 20 циклов замораживания-оттаивания не наблюдается уменьшение коэффициента ν , что свидетельствует о значительных деструктивных процессах в бетоне.

3. Предложена зависимость для коэффициента поперечных деформаций водонасыщенного бетона в зависимости от уровня напряжений и количества циклов замораживания-оттаивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование надежности строительных конструкций. Бишкек: Изд-во КРСУ.–2002. 213 с.

2. Викторов Б.И., Садов Б.В., Филимошкина Г.И. Напряженно-деформированное состояние бетонов при центральной сжатии // Сб. науч. тр. МАДИ. Сопротивление элементов железобетонных конструкций действию статических и динамических нагрузок. – 1984. С. 26-33.

3. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат. 1971. 209 с.

4. Истомин А.Д., Беликов Н.А. Зависимость границ микротрещинообразования бетона от его прочности и вида напряжённого состояния // Вестник МГСУ. № 2 (Т.1) - 2011. С. 159-162.

5. Истомин А.Д., Александров Е.Н., Огурцова Л.П. Влияние способа водонасыщения бетона и отрицательной температуры на его деформативно-прочностные характеристики // Наука и техника в дорожной отрасли. № 4 - 2018. С. 40-42.

6. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.

7. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.

8. Тамразян А.Г. К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 26-27.

37-МИ ЭТАЖНЫЙ МНОГОКВАРТИРНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ В Г. МОСКВА

Здание представляет собой 37-ми этажный жилой односекционный дом высотой 127 метров, что относит его группе высотных зданий, подгруппе уникальных. Конструктивно каркас здания решен как рамно-связевая система, состоящая из монолитных колонн и стен, а также четырех ядер жесткости.

Основные характеристики объекта:

- Площадь застройки: 1020 м².
- Общая площадь здания: 32450 м².
- Общая площадь квартир: 23 080 м².
- Общее количество квартир: 430 шт.

Функционально здание состоит из двух частей:

- жилая часть (квартиры)
- помещения коммерческого назначения

Жилая часть располагается на 2-37 эт. включительно, коммерческая часть занимает только первый этаж.

Применяемый бетон конструктива нулевого цикла и ниже отметки нуля – марки В50. Конструктива выше отметки нуля – марки В40.

Конструктив здания состоит из:

- свайно-плитного фундамента (СПФ)
- плит перекрытий
- вертикальных конструкций в виде колонн (КМ), стен (СТ) и ядер жесткости (ЯЖМ)

В центре здания располагается лифтовой блок, состоящий из 4-х лифтов (2 пассажирских и 2 грузопассажирских).

Важной особенностью при проектировании высотных уникальных зданий является учёт, в первую очередь, сейсмических и ветровых нагрузок. Расчет здания на сейсмическую нагрузку производится с использованием спектрального метода и прямого динамического метода. Расчет ветровых нагрузок производится с учетом влияния статической и динамической составляющей ветровой нагрузки.

Кровля является неэксплуатируемой, на ней располагается инженерное оборудование.

Фасад здания представляет собой навесной вентилируемый фасад с облицовкой терракотовой плиткой, алюминиевыми панелями. Класс пожарной опасности системы – К0.

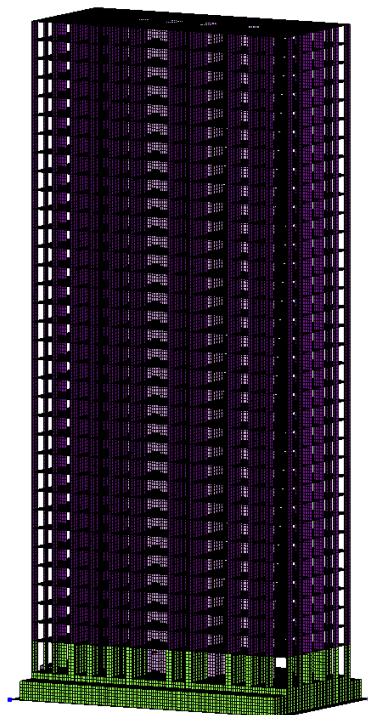


Рис. 1. Модель каркаса здания

Источником теплоснабжения является ИТП, расположенный в подвале здания. Вентиляционные системы располагаются в подвале, на кровле. В местах общего пользования (МОП) оборудована приточно-вытяжными вентиляционными системами.

На территории ЖК расположена автомобильная наземная плоскостная охраняемая парковка на 120 машиномест.

Конструктивные решения высотных зданий являются важнейшими элементами проектирования [1-5]. Правильный выбор и учет особенностей работы конструкций [6-12] позволит создавать современные безопасные высотные здания.

Воспринимают большую часть горизонтальных конструкций четыре ядра жесткости, расположенных вокруг двух лифтовых шахт, а также вокруг двух лестничных клеток.

Пространственный расчет конструкций с учетом жесткости элементов был выполнен с помощью программного комплекса автоматизированного проектирования железобетонных конструкций многоэтажных каркасных зданий «ЛИРА-САПР 2015».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *А.А. Карамышева, А.А. Аракелян, Б.П. Бинятов.* Перспективы применения при проектировании и строительстве высотных зданий и сооружений. 2017г., 8 с. // Инженерный вестник Дона, 2017г. – 4 с.
2. *А.А. Карамышева, А.А. Аракелян, Н.В. Иванов, В.О. Коняхин, Гранкина Д.В.* Обеспечение устойчивости высотных уникальных зданий. //Инженерный вестник Дона, 2018г. – 2с.
3. *С.А. Синенко, Э. Эрширгил, П.Г. Грабовый, Ю.А. Вильман, К.П. Грабовый.* Опыт применения новых технологий при возведении современных зданий и сооружений (на примере комплекса ММДЦ «Москва-Сити») //Вестник МГСУ, 2012г. – 166 с.
4. *В.О. Алмазов, А.Н. Климов.* Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций высотного здания. //Вестник МГСУ, 2013г. – 104 с.
5. *Латина О.А.* Возведение высотных зданий. //Инженерный вестник Дона, 2012г – 2 с.
6. *Тамразян А.Г.* Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 77-83.
7. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.
8. *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.
9. *Тамразян А.Г., Дудина И.В.* Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.
10. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
11. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.
12. *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.

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ТРЕЩИНАМИ В ЦЕНТРАЛЬНО РАСТЯНУТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Базовое уравнение для расчета ширины раскрытия трещин получают из анализа напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента, подвергнутого осевому растяжению. Разница удлинений арматуры и бетона на участке между соседними трещинами равняется ширине раскрытия трещины на уровне арматуры:

$$a_{crc} = \Delta_s - \Delta_{bt} = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{bt,m}) \cdot l_{crc}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{sm}, \varepsilon_{bt,m}$ - соответственно средние относительные деформации арматуры и бетона; l_{crc} - расстояние между смежными трещинами.

В наибольшей степени в нашей стране широкое применение получил метод расчета ширины раскрытия трещин основанный на предложении Василия Ивановича Мурашева [1].

$$a_{crc} = \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} l_{crc}. \quad (2)$$

На основании теории трещинообразования, разработанной В.И. Мурашовым [1], расстояние между трещинами l_{crc} определяется из условия, что разность усилий в арматуре в сечении с трещиной при напряжениях $\sigma_{s,crc}$ и в сечении между трещинами при напряжениях $2\alpha_s R_{bt}$ уравнивается на длине l_{crc} силами сцепления τ между арматурой и бетоном:

$$\sigma_{s,crc} A_s - 2\alpha_s R_{bt} A_s = \omega \tau_{max} u_s l_{crc}, \quad (3)$$

где ω - коэффициент полноты эпюры напряжений сцепления; A_s, u_s - площадь и периметр арматуры.

Из уравнения (3) получают теоретическую зависимость для определения расстояния между нормальными трещинами:

$$l_{crc} = \frac{\sigma_{s,crc} A_s - 2\alpha_s R_{bt} A_s}{\omega \tau_{max} u_s}. \quad (4)$$

К настоящему моменту есть целый ряд предложений по нахождению l_{crc} [1-5] основанные на общей зависимости (4).

$$l_{crc} = \left(\frac{W_{pl}}{\alpha_s W_s} - 1 \right) \frac{\alpha_s R_{bt} u_s}{\omega \tau_{max}} \quad (5)$$

$$l_{crc} = \frac{2N_{crc,b} S_{b1} k_1 E_b}{R_{bt,ser} E_s A_s} \quad (6)$$

$$l_{crc,max} = \frac{2 \ln(t + \sqrt{t^2 - 1})}{\lambda} \quad (7)$$

Идею Мурашова В.И. продолжили и развили Зикеев Л.Н. и Цыба О.О. Они представили формулу для определения расстояния между трещинами l_{crc} , взяв за основу формулу, предложенную В.И. Мурашовым для гладкой арматуры:

$$l_{crc} = \frac{R_{bt}d_s}{2R_{bond}u_s} \quad (8)$$

Выражение (8) можно записать в ином виде:

$$l_{crc} = \frac{k_f d_s}{2u_s}. \quad (9)$$

Коэффициент k_f учитывает влияние профиля продольной арматуры (относительную площадь смятия ребер f_R) на отношение R_{bt}/R_{bond} . Относительная площадь смятия используется в ГОСТ Р 52544–2006, как одна из характеристик сцепления арматуры с бетоном. На основании этого стандарта были приняты минимальные значения относительной площади смятия арматуры (для $d_s \leq 10$ мм – $f_R = 0,052$; для $d_s > 10$ мм – $f_R = 0,056$) и получена зависимость для определения коэффициента k_f :

$$k_f = 1,9526 - 31,233f_R \quad (10)$$

Для гладкой арматуры коэффициент $k_f = 1,0$ и формула (9) трансформируется в формулу для вычисления базовой длины анкеровки арматуры согласно СП 63.13330:

$$l_s = 0,5 \frac{d_s}{u_s} = 0,5 \frac{A_{bt}}{A_s} d_s \quad (11)$$

Влияние отрицательной температуры на расстояние между нормальными трещинами в центрально растянутом железобетонном элементе можно учесть с помощью коэффициента k_T .

$$k_T = 1,1777 - 0,0118T \quad (12)$$

Таким образом, учет всего вышеизложенного формула (9) принимает вид:

$$l_{crc} = 0,5k_T k_f \frac{d_s}{u_s} \quad (13)$$

На рисунке 1 показано изменение расстояния между трещинами в центрально растянутом железобетонном элементе в зависимости от отрицательной температуры.

Проанализировав результаты, можно сказать, что с понижением температуры расстояние между трещинами в центрально растянутом железобетонном элементе увеличивается. Данные зависимости показывают, что при температуре -50°C l_{crc} увеличивается для элементов с процентом армирования 1,45% на 77%, что хорошо согласуется с опытными данными (87%).

Вывод. При понижении температуры до -50°C расстояние между трещинами в центрально растянутом железобетонном элементе увеличивается на 77%, что хорошо соответствует опытными данным

(87%). Проведенное нами исследование имеет большое значение для железобетонного строительства, особенно в нашей стране.

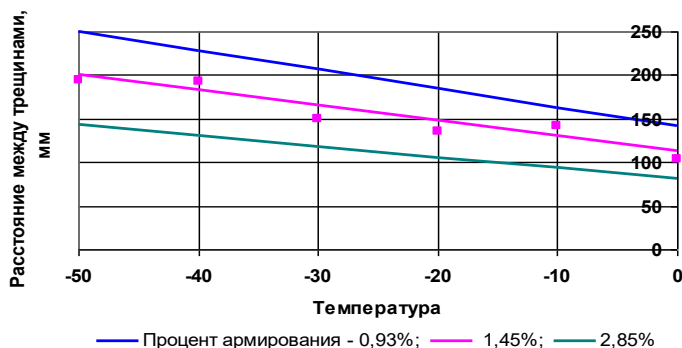


Рис.1. Зависимость $l_{crс}$ в центрально растянутом элементе от отрицательной температуры

Представляет интерес также определение расстояния между трещинами при учете надежности железобетонных конструкций [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мурашов В.И.* Проектирование Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона. М.: Машстройиздат, 1950. 266с.
2. *Веселов А.А.* Теория сцепления арматуры с бетоном и её применение [Текст]. СПбГАСУ, 2000. 292с.
3. *Трофимов А.В.* Расчет железобетонных конструкций с использованием модели составного стержня. СПбГАСУ. 2000. 101с.
4. *Зикеев Л.Н., Цыба О.О.* Трещиностойкость железобетонных растянутых элементов с учетом относительной площади ребер растянутой арматуры// Промышленное и гражданское строительство. №10. 2009. с. 30-32.
5. *Истомин А.Д.* Трещиностойкость Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре // Технология текстильной промышленности. №12 (368). 2017. с. 141-144.
6. 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.

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Студентка магистратуры 2 года обучения 2 группы ИСА
Алваз Хаурие.

Научный руководитель – проф., канд. техн. наук *В.А. Люблинский*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ БЕТОНА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

С ростом этажности зданий возрастают вертикальные и горизонтальные нагрузки на несущие конструкции здания. Увеличиваются напряжения в поперечных сечениях. Бетон работает нелинейно, существенно изменяются начальные модули упругости в каждой вертикальной конструкции. Чтобы избежать этого необходимо применять реальные диаграммы деформирования материалов. Отсюда важность определения значений модулей деформаций и влияния их изменения на распределение напряжений в вертикальных несущих элементах многоэтажных зданий [1,2].

На рисунке 1 показан план здания, который был рассчитан с помощью программы ETABS [3]. Здание состоит из 12 этажей, использован бетон класса В25, колонны приняты размером 40 * 40 см и несущие стены толщиной 30 см. показаны и пронумерованы на рисунке 1.

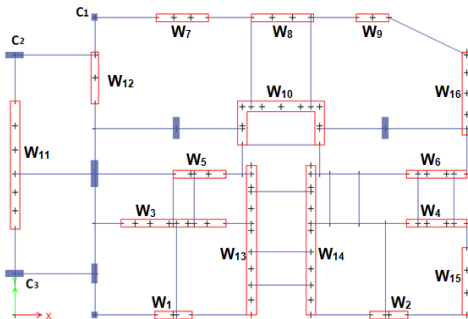


Рис.1. Горизонтальный план здания.

В программе ETABS для бетона В25 была получена диаграмма напряжений и деформаций, показанная на рисунке 2:

Мы выделим в диаграмме две части:

- ❖ Линейную / Эластичная область.
- ❖ Нелинейную / Пластичная область.

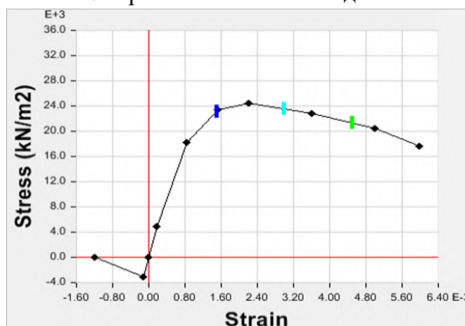


Рис.2. Диаграмма деформирования « σ - ϵ » для бетона В25 в программе ETABS

Первоначально модуль упругости бетона (класс В25) $E_0=285 \cdot 10^5$ Кн/м² был использован для всех стен, и был проведен расчет здания.

После расчета были получены результаты вертикальных напряжений и определен их тип (Напряжения эластичности или напряжения пластичности), после этого были определены деформации (ε_z) (напряжения проецировались на бетонную кривую и определялись соответствующие значения деформации) и рассчитан модули деформаций (E_1) стенок .

Если напряжения находятся в эластичной области, то модули деформаций оставались равными начальным модулям упругости, а если напряжения находятся в пластичной области , то модуль деформаций представляет собой наклон секущей в исследуемой точке кривой [4,5] (в зависимости от той же диаграмма на рис.2).

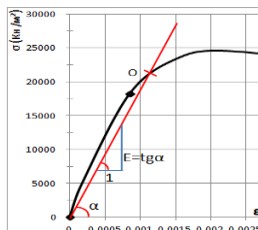


Рис.3. Расчет модуль деформаций в точке (O).

На следующем шаге были введены в программу значения модулей деформаций (E_1), рассчитанные для каждой стены отдельно, и снова выполнен расчет здания. Затем произведен аналогичный шаг, чтобы получить значения модулей деформаций (E_2). Таким же образом до получения модулей деформаций (E_3), анализа здания в четвертый раз подряд и определения напряжений. Процесс останавливался при достижении наперед заданной точности (5%). В таблице 1 показаны значения модулей деформаций, рассчитанные и использованные в расчете, в таблице 2 приведены значения деформаций, рассчитанные по диаграмме на рис.2 в зависимости от значений напряжений и в таблице 3 показаны напряжения во всех стенах на сравнительном уровне, соответствующие значениям модулей деформаций, использованным при расчете.

Таблица 1. значения модулей деформаций

Стены	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
$E1 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	120	217	222	22,5	22,2	223	111	223
$E2 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	222	224	217	252	251	226	215	212
$E3 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	212	223	216	219	225	214	120	220
Стены	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
$E1 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	97,4	224	217	88,9	230	226	234	226
$E2 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	220	22,1	217	222	219	219	217	228
$E3 \cdot 10^5$ (Кн /м ²)	107	238	219	99,5	222	224	241	222

Таблица 2. значения деформаций

Стены	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
при $\sigma_0, \varepsilon_0 \cdot 10^{-3}$	0.855	0.754	0.64	6.17	6.33	0.64	0.922	0.64
при $\sigma_1, \varepsilon_1 \cdot 10^{-3}$	0.64	0.777	0.709	0.165	0.137	0.754	0.709	0.85
при $\sigma_2, \varepsilon_2 \cdot 10^{-3}$	0.82	0.709	0.64	0.663	0.686	0.65	0.855	0.666
Стены	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
при $\sigma_0, \varepsilon_0 \cdot 10^{-3}$	0.98	0.434	0.48	1.189	0.411	0.457	0.32	0.48
при $\sigma_1, \varepsilon_1 \cdot 10^{-3}$	0.62	5.01	0.48	0.64	0.495	0.489	0.489	0.526
при $\sigma_2, \varepsilon_2 \cdot 10^{-3}$	1.006	0.343	0.457	1.074	0.434	0.48	0.297	0.503

Таблица 3. Результаты анализа

Название стены	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
при E_0, σ_{z_0} (Кн /м ²)	18301	16375	14229	13856	14061	14298	18449	14270
при E_1, σ_{z_1} (Кн /м ²)	14200	17433	15380	4160	3435	17012	15216	17981
при E_2, σ_{z_2} (Кн /м ²)	17353	15811	13814	14518	15416	13914	18300	14685
при E_3, σ_{z_3} (Кн /м ²)	17227	15890	13862	13547	14031	13771	15449	17401
Название стены	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
при E_0, σ_{z_0} (Кн /м ²)	19046	9729	10395	20718	9473	10319	7494	10837
при E_1, σ_{z_1} (Кн /м ²)	13658	11063	10411	14239	10821	10696	10623	11976
при E_2, σ_{z_2} (Кн /м ²)	19282	8170	10002	19884	9644	10755	7146	11189
при E_3, σ_{z_3} (Кн /м ²)	14313	10441	10344	14753	9394	10121	7821	11344

Сравнивая значения напряжений, создаваемых по всей высоте здания в стенах, например (W_7, W_8) для первого расчета (для модуля упругости E_0) и последнего (четвертого) расчета (для модулей деформаций E_3), мы получаем следующий график, показывает уменьшение значений напряжений (W_7) и увеличение значений напряжений (W_8).

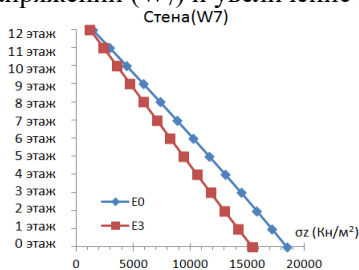


Рис.4. Напряжения в стенке (W_7) при E_0 и $E_{3(W7)}$ - 16,2%.

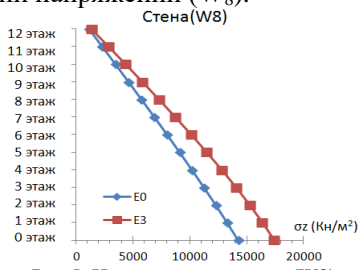


Рис.5. Напряжения в стенке (W_8) при E_0 и $E_{3(W8)}$ - 21,9%.

В заключение необходимо подчеркнуть важность модуля упругости, который играет ключевую роль в распределении и перераспределении жесткостей несущих конструкций здания и напряжений в их элементах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондаренко В.М.* Инженерные методы нелинейной теории железобетона. - М.: Стройиздат. - 1982. - 287 с.
2. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг. Вестник МГСУ. 2013. № 11. С. 84-90.
3. ETABS, manual., Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, U.S.A, 2004.
4. *Карпенко, Н.И.* К построению обобщенной зависимости для диаграммы деформирования бетона /Н.И.Карпенко /Строительные конструкции. – 1983. –С. 164 – 173.
5. *Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н.* Исходные и трансформированные диаграммы бетона и арматуры - М.: НИИЖБ. - 1986. – С. 7-25.

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СДВИГОВЫХ СВЯЗЕЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Железобетонные несущие стены представляют собой эффективную систему противодействия нагрузкам многоэтажных зданий в своей плоскости. Несущие стены, также называемые стенами со сдвигом, часто имеют отверстия для окон и дверей. Эти проемы обычно выровнены, как показано на рисунке 1, в результате чего две или более стены могут быть соединены балками на каждом уровне этажа.

Системы сдвоенных стен выдерживают боковые нагрузки за счет комбинации консольного действия в отдельных опорах стены, и действие рамы в результате передачи вертикальных нагрузок через связи сдвига.

Коэффициент сцепления (Жесткость связи сдвига) является мерой степени связи в системе и

рассчитывается как процент от общего опрокидывающего момента, которому противодействует осевое растяжение и сжимающие силы, передаваемых через связи при сдвиге. Соединительное действие уменьшает моменты, которым должны сопротивляться отдельные опоры стен, и увеличивает поперечную жесткость системы [1,2].

$$N_i(x) = \sum_{j=1}^q Q_{ij} \quad (1)$$

Нелинейное деформирование связей сдвига приводит к перераспределению напряжений и деформаций в элементах конструкции, особенно в зонах, где возникают существенные напряжения и большие

деформации, а связи сдвига находятся в пластической области или близкой к ней [3, 6].



Рис 1. Диагонально армированные соединительные балки

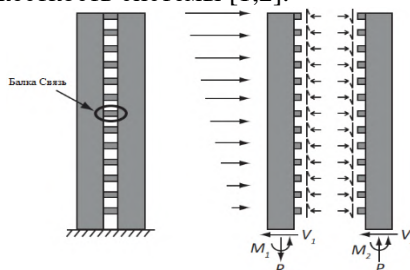


Рис 2. Механизм сопротивления боковым нагрузкам стеновых конструкций[2].

Чтобы выяснить, насколько важна жесткость сдвиговых связей на распределение напряжений в многоэтажных зданиях, мы рассчитали несущую систему, состоящую из трех стенок сдвига. Стены толщиной 30 см соединялись перемычками с размерами поперечного сечения 20 на 40 см и длиной 2 м, как показано на рис 3.

Использовался бетон класса В25.

Расчет производился с помощью программного комплекса ETABS[4].

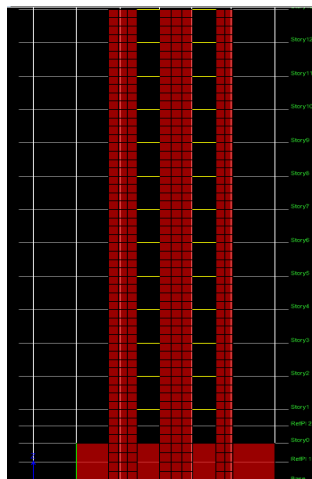


Рис 3. Расчетная схема несущей система

Для корректировки значения модуля сдвига была использована экспериментальная диаграмма деформации «Q-Δ» [5]. Использовался секущий модуль для определения жесткости K для связей типа перемычек. Нагружение производилось шаговым методом (Рис. 4.) до момента возникновения пластического шарнира в одной из связей.

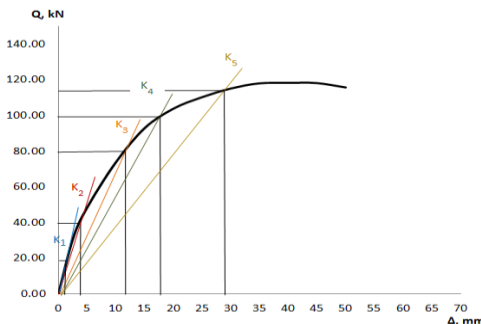


Рис.4. Экспериментальная диаграмма деформирования связи сдвига

Мы производили повторный расчет пять раз, и каждый раз мы вводили значение жесткости K, рассчитанное с использованием схемы 4 на основе значений сдвига и деформации, вызванных пересчетом.

На рисунке 5 показано изменение изменения напряжения на каждом этаже и для каждого значения жесткости.

В результате нелинейного расчета сдвиговых связей несущей системы значения напряжений в стенке W1 уменьшились из-за возникновения нового распределения напряжений между элементами несущей системы.

С ростом этажности зданий увеличивается внешняя нагрузка, и, следовательно, увеличиваются деформации сдвига в связях сдвига, где нелинейное поведение связевых элементов имеет значение для определения деформаций и напряжений в вертикальных несущих конструкциях. Величина изменения вертикальных напряжений в несущих конструкциях в зонах

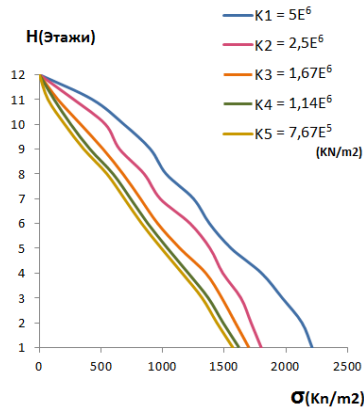


Рис. 5. Схема изменения вертикальных напряжений в стене (W1) в зависимости от изменения жесткости сдвиговых связей (K).

максимальных напряжений достигает 25%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов /П.Ф. Дроздов//Стройиздат, – М., – 1977. – 223с.
2. Тамразян А.Г. Особенности работы высотных зданий. Жилищное строительство. 2004. № 3. С. 19-20.
3. Люблинский В.А. Влияние нелинейного деформирования переемычек на процесс распределения усилий в несущих элементах диафрагмы / В.А. Люблинский, М.В. Томина // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 2 (38). – С.153-158.
4. ETABS, manual., Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, U.S.A, 2004.
5. Хола Муса. Нелинейные деформации и предельная несущая способность вертикальных диафрагм монолитных многоэтажных зданий: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 /. – М.: МИСИ, 1985.- 163с.
6. 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.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ АНКЕРОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ НАГРУЗКИ

Работы, связанные с применением анкерного крепежа, в особенности для фасадных систем, ставят перед проектировщиками и строителями ряд вопросов, от решения которых зависит архитектурная выразительность зданий и сооружений, а также надежность и долговечность конструкций сооружения, при монтаже которых использовался анкерный крепеж. Из-за недостаточной изученности, при проектировании анкерных креплений возникают проблемы, связанные как с методами оценки качества и долговечности элементов анкерного крепежа, так и отсутствием на стадии проектирования методов оценки прочности крепления различных конструктивных элементов, в том числе фасадных конструкций, к стенам из различных материалов с помощью анкеров [1, 2]. В особенности, когда речь идет о ячеистом бетоне.

Динамический характер ветровых нагрузок, а также возможное снижение несущей способности анкера, вследствие длительного воздействия знакопеременных ветровых пульсаций, в настоящее время при расчетах не учитывается [4]. Поэтому спрогнозировать характер работы конструкции во время эксплуатации достаточно тяжело. Задача определить, насколько влияет длительность загрузки на долговечность конструкции.

Для крепления фасадных систем в ячеистом бетоне, фирмами-производителями анкеров, рекомендуется применять анкеры с полиамидным дюбелем, длинная распорная часть которого обеспечивает равномерное распределение нагрузки [5]. Мной были приняты анкеры, состоящие из рабочего органа в виде шурупа $\varnothing 7$ мм и длиной 105 мм и обоймы – полиамидного дюбеля $\varnothing 10$ мм и длиной 100 мм.

Несущая способность на вырыв таких анкеров определяется, в основном, площадью контакта поверхностей цилиндрического дюбеля и стенового материала, а также прочностью и плотностью ячеистобетонного блока. Характер вырыва характеризуется нарушением сцепления дюбеля с ячеистым бетоном и проскальзыванием полиамидного дюбеля по контакту с базовым материалом [3].

Для испытания используется тестовый домкрат Hydrajaws Master Tester 2000С (рис. 1), который применяется в тех случаях, когда необходимо точно проверить крепежную систему и другие узлы строительства. К креплению применяется механическая растягивающая

нагрузка, что позволяет определить, какое усилие требуется, чтобы извлечь анкер из поверхности.

Подготовка и проведение испытание проводилось согласно правилам, изложенным в нормативах документации [6, 7].

В первую очередь необходимо было определить разрушающую нагрузку при вырыве анкера. По результату испытания 5 образцов мы получили усредненное значение, равное 1,6 кН (график 1).



Рис. 1. Схема испытания

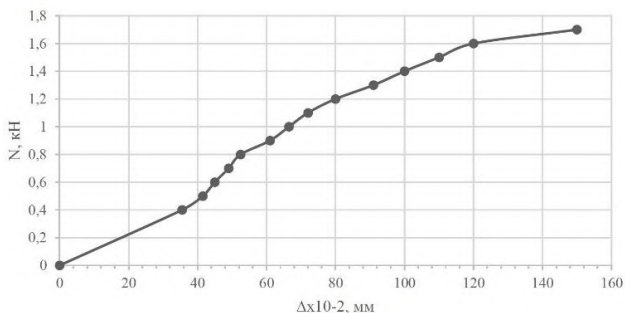


График 1. Определение максимальной разрушающей нагрузки, кН

Расчетная нагрузка принималась по методике, изложенной в [3]. Нагруженный анкер выдерживался в течение двух месяцев расчетной нагрузкой, с строгим контролированием значений деформаций (график 2).

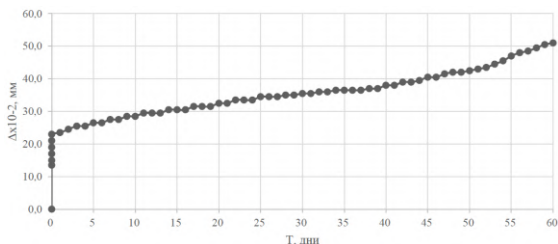


График 2. Диаграмма ползучести

Эксперимент показал, что анкер при длительном нагружении вытягивается из тела ячеистобетонного блока. Данный эффект называется ползучестью – изменение во времени деформаций и напряжений, возникших при первоначальном нагружении в бетоне.

Расчетная несущая способность анкера при вырыве из блока должна приниматься по методике, изложенной в [3], с введением понижающего коэффициента 0,9. Оценить надежность конструкции можно на основе предложений работы [8].

Таким образом, мы определили, что при проектировании и расчете анкерного крепежа в стенах из ячеистого бетона, нужно учитывать длительное воздействие на крепеж, которое может значительно повлиять на срок эксплуатации конструкций, в которых он применяется. Необходимо предусмотреть мероприятия по усилению системы крепления [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грановский А.В., Доттуев А.И., Киселев Д.А.* Статические и динамические методы испытаний анкеров на вырыв из различных стеновых материалов. Проблемы и решения.// Вестник НИЦ Строительство, М. №11. 2014. С. 83-92.
2. *Грановский А.В., Киселев Д.А., Аксенова А.Г.* Об оценке несущей способности анкерных креплений.// Бетон и железобетон, М. №2. 2006. С. 17-19.
3. *Грановский А.В., Киселев Д.А.* Рекомендации по назначению методики испытаний анкеров на вырыв и определению расчетной нагрузки вырыва.// Промышленное и гражданское строительство, М. №3. 2012. С. 35-37.0
4. *Шахов С.А., Литин В.В.* Пути повышения надежности анкерных креплений.// Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении, 2017. С. 298-302.
5. *Воробьев В.Н.* Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации.// ПортАтивСтрой - 2019. 122 с.
6. ГОСТ Р 58768-2019 Анкеры пластиковые для крепления в бетоне и каменной кладке. Методы испытаний.
7. ГОСТ Р 56731-2015 Анкеры механические для крепления в бетоне. Методы испытаний.
8. *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.

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ ДЛЯ БЕТОНА С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

В связи с развитием городов, возрастает потребность в модернизации методов проектирования, повышаются требования к конструктивным узлам и объемно планировочным решениям. Самым востребованным материалом для возведения несущего каркаса является железобетон.

Для значительного повышения прочностных и деформационных характеристик сжатого бетона в конструкциях используют косвенное армирование, которое препятствует поперечному расширению бетона при сжатии, тем самым создавая объемное напряженное состояние трехосного обжатия [1-3].

Для расчета различных конфигураций поперечного сечения и распределения косвенного армирования предлагают удобно использовать методику расчета по нелинейной деформационной модели, которая позволяет учитывать характер работы материала в конструкции [4,5]. В ее основе лежит выбор диаграммы состояния.

Для построения диаграммы необходимо определить параметрические точки: относительные деформации ε_{b03} и напряжения R_{b3} в вершине диаграммы (рис. 1).

В рамках теории предельных состояний необходимо закладывать в расчеты значения прочности материалов с требуемой обеспеченностью. В исследовании [6] было выявлено, что при расчете формул для бетона с косвенным армированием при экспериментальных и расчетных значениях наблюдается существенное превышение расчетной предельной сжимаемости относительно реально зафиксированной в экспериментах.

Были произведены расчеты прочностных и деформационных параметров бетонов классов по прочности на сжатие В20...В60 при коэффициентах косвенного армирования $\mu=0,5; 2; 3,5; 5\%$. Косвенное армирование принято поперечными сварными сетками из арматуры класса В500 ($R_{st}=500$ МПа; $R_s=435$ МПа).

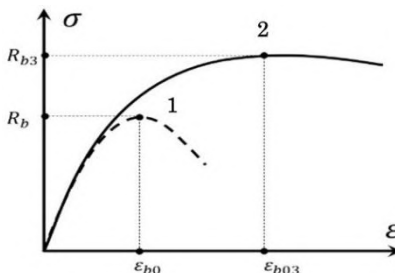


Рис. 1. – Диаграмма работы бетона в условиях бокового обжатия (2) и без (1)

Для сравнения производился расчет по формулам из российских норм проектирования [7] и зависимостей, взятых из исследования [8], как по расчетным значениям прочности R_b , так и по средним значениям R_{bm} .

Результаты расчетов в формате графиков представлены на рис. 2 и рис. 3.

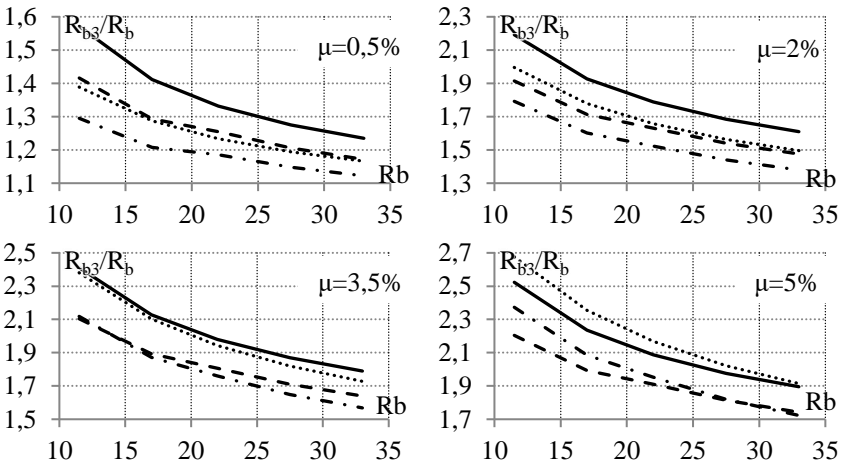


Рис. 2. – Зависимость роста несущей способности от расчетного значения призмной прочности R_b :

— — $R_{b3}/R_b = f(R_b)$ по формулам [7]; - - - - $R_{b3}/R_b = f(R_{bm})$ по формулам [7]; - $R_{b3}/R_b = f(R_b)$ по формулам [8]; - . . . - $R_{b3}/R_b = f(R_{bm})$ по формулам [8]

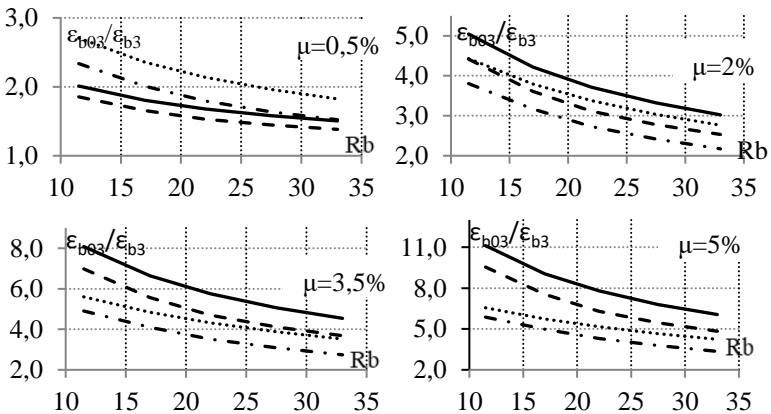


Рис. 3. – Зависимость роста значений относительных деформаций от расчетного значения призмной прочности R_b :

— — $\varepsilon_{b03}/\varepsilon_{b0} = f(R_b)$ по формулам [7]; - - - — $\varepsilon_{b03}/\varepsilon_{b0} = f(R_{bm})$ по формулам [7]; — $\varepsilon_{b03}/\varepsilon_{b0} = f(R_b)$ по формулам [8]; - . . . — $\varepsilon_{b03}/\varepsilon_{b0} = f(R_{bm})$ по формулам [8]

По результатам рассчитываемых параметров, происходит существенное завышение прочности и предельной сжимаемости бетона по расчетным значениям относительно средних:

— для R_{b3} от 4% до 30% при вычислениях по формулам [2]; от 6% до 32% при вычислениях по формулам [3] (проценты посчитаны от R_b);

— для ε_{b03} от 12% до 157% при вычислениях по формулам [2]; от 30% до 69% при вычислениях по формулам [3] (проценты посчитаны от ε_{b0}).

Это происходит в связи с тем, что изначальные зависимости получены для средних значений, а не для уменьшенных расчетных. Исходя из этого в рамках теории предельных состояний рекомендуется дополнить СП 63.13330.2012 средними значениями прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Манаенков И.К. Экспериментальные исследования железобетонных балок с косвенным армированием сжатой зоны поперечными сварными сетками // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 5 (377). С. 243-247.

2. Krishan A.L., Rimshin V.I., Troshkina E.A. Compressed and bending concrete elements with confinement reinforcement meshes. 2020. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 753 022052.

3. 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.

4. Манаенков И.К. К расчету кривизны железобетонных балок на основе деформационной модели // Строительство и реконструкция. 2019. № 6 (86). С. 19-28.

5. Манаенков И.К. К расчету железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5 (383). С. 238-242.

6. Manaenkov I.K., Korenkov P.A., Grezeva A.S., Zinoveva E.A. 2020. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 869 052033.

7. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

8. Манаенков И.К. К совершенствованию диаграммы сжатого бетона с косвенным армированием // Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 41-50.

К РАСЧЕТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА ОСНОВАНИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Нелинейная деформационная модель – диаграммный метод расчета железобетонных элементов. В основе модели лежат диаграммы деформирования, описывающие работу материалов при нагружении. Метод обеспечивает единый подход к расчету по 1 и 2 группам предельных состояний, позволяет учитывать работу бетона растянутой зоны после образования трещин [1,2]. Деформационная модель позволяет производить расчеты элементов с произвольной формой поперечного сечения и расположением арматуры, с различными видами косвенного армирования [3-5].

В данной работе рассмотрен расчет железобетонных балок с различными конструктивными параметрами на основе нелинейной деформационной модели. В качестве исходных данных для расчета приняты данные испытаний, изложенные в работе К.Т. Саканова [6]. Рассматриваемые образцы различались по форме поперечного сечения (прямоугольная, треугольная, двутавровая), проценту продольного армирования. Классы бетона по прочности – В30, В80. Продольное армирование балок – из стали класса А600.

При расчетах были приняты упрощенные трехлинейные диаграммы состояния материалов (рисунки 1 и 2).

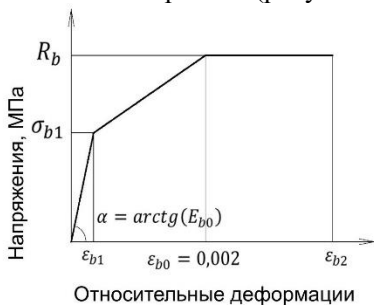


Рис. 1. Принятая диаграмма деформирования бетона



Рис. 2. Принятая диаграмма деформирования арматуры

Результаты расчетов представлены в таблицах 1, 2. По результатам выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

- для большинства балок получено хорошее соответствие опытных данных и результатов расчета несущей способности по нелинейной деформационной модели (в пределах 15%);

Таблица 1

Сравнение опытных и вычисленных по деформационной модели значений несущей способности балок из бетона В30

Марка образца	$M_{ult}^{оп}$, кН·м	M_{ult}^T , кН·м	M_{ult}^T , кН·м
П-3-1А	68,06	72,97	7,21%
П-3-1Б	69,50	73,62	5,92%
Т-3-1А	37,69	38,73	2,75%
Т-3-1Б	37,69	40,10	6,39%
Д-3-1А	98,7	99,88	1,19%
Д-3-1Б	98,7	94,48	-4,27%
П-3-3А	101,125	102,43	1,29%
П-3-3Б	109,75	102,73	-6,39%
Т-3-3А	71,30	75,12	5,35%
Т-3-3Б	71,30	69,31	-2,79%
Д-3-3А	126,0	120,95	-4,00%
Д-3-3Б	107,32	124,16	15,71%

Таблица 2

Сравнение опытных и вычисленных по деформационной модели значений несущей способности балок из бетона В80

Марка образца	$M_{ult}^{оп}$, кН·м	M_{ult}^T , кН·м	M_{ult}^T , кН·м
П-8-2А	117,495	144,00	22,55%
П-8-2Б	138,771	145,63	4,94%
Т-8-2А	63,712	67,13	5,36%
Т-8-2Б	65,15	68,93	5,80%
Д-8-2А	218,779	208,20	-4,83%
Д-8-2Б	211,684	214,21	1,19%
П-8-3А	152,962	210,44	37,57%
П-8-3Б	184,892	207,37	12,15%
Т-8-3А	95,99	108,58	13,11%
Т-8-3Б	103,085	104,13	1,01%
Д-8-3А	275,543	278,50	1,07%
Д-8-3Б	247,161	304,36	23,14%

- для балок из высокопрочного бетона по опытным данным К.Т. Саканова в случае разрушения по сжатой зоне бетона зафиксирована значительная переоценка несущей способности (до 37%).

Развитие данных исследований связано с повышением механической безопасности конструкций на основе положений и предложений работ [7-11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Манаенков И.К. К расчету кривизны железобетонных балок на основе деформационной модели // Строительство и реконструкция, 2019. №6. С. 19-28.

2. Манаенков И.К. К расчету железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // Технология текстильной промышленности, 2019. №5. С. 238-242.

3. Тамразян А.Г., Черник В.И. Диаграмма деформирования бетона, ограниченного дискретной композитной облойкой // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 8. С. 43-53.

4. Манаенков И.К. К совершенствованию диаграммы сжатого бетона с косвенным армированием // Строительство и реконструкция, 2018. №2. С. 41-50.

5. Манаенков И.К. Экспериментальные исследования железобетонных балок с косвенным армированием сжатой зоны поперечными сварными сетками // Технология текстильной промышленности, 2018. №5. С. 243-247.

6. Саканов К.Т. Несущая способность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов с учетом влияния формы их поперечного сечения: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 1985. – 195 с.

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., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.

9. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.

10. Тамразян А.Г. Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 77-83.

11. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 00162.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПЕРЕКРЫТИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Вопрос подбора армирования, его проверки и перерасчета в высотных зданиях является одной из основных инженерных задач при расчете. В высотных зданиях время расчета и анализ работы полного каркаса имеет большие затраты времени, поэтому актуальным будет рассмотреть работу перекрытий в различных постановках и составить рекомендации к расчету.

В инженерной практике наиболее часто применяются комплексы ЛИРА-САПР, SCAD, ЛИРА 10. В данных программных комплексах реализованы модели деформирования Н. И. Карпенко [1] и Р. Вуда [4]. Сравнительный анализ программных комплексов и результатов, получаемых в них произведен в [5]. Некоторые данные об особенностях расчета также представлены в [2-3,6-8]. Для исследования выбран ПК ЛИРА-САПР.

В работе рассчитывался каркас с ядром жесткости (рис.1). Количество пролетов 4x4; сетка колонн 8.4x8.4; толщина перекрытий: 250мм; обвязочная балка (плита) 350мм; количество этажей 36; высота этажей 3,2м; класс бетона: В40; класс арматуры: А500С; толщина фундаментной плиты 2000 мм; моделирование основания – коэффициент постели $C1=750\text{т/м}^3$.

На первом этапе расчетов получено базовое армирование перекрытия получено в упругой постановке по [7] – вырезанием перекрытия с понижением начального модуля упругости бетона согласно п.6.2.7. СП 430.1325800.2018 на коэффициенты: 0,6 – для вертикальных сжатых (колонны, пилоны, стены) несущих элементов; 0,3 – для несущих горизонтальных (плиты, балки) элементов.

На втором этапе получено решение для полного каркаса в упругой постановке в полном каркасе здания (модули упругости приняты по начальному модулю упругости бетона).

На третьем этапе получено решение для полного каркаса в упругой постановке в полном каркасе здания с понижением начального модуля упругости бетона согласно п.6.2.7. СП 430.1325800.2018.

Результаты подбора армирования в характерных точках (рис. 2) в перекрытиях на первом, втором и третьем этапах сведены в таблицу 1.

На четвертом этапе перекрытие было рассчитано в физически нелинейной постановке с учетом работы в полном каркасе здания. Армирование принято по результатам расчета первого этапа. В

результате расчета получено, что прочность и трещиностойкость всех перекрытий по всем этажам обеспечена.

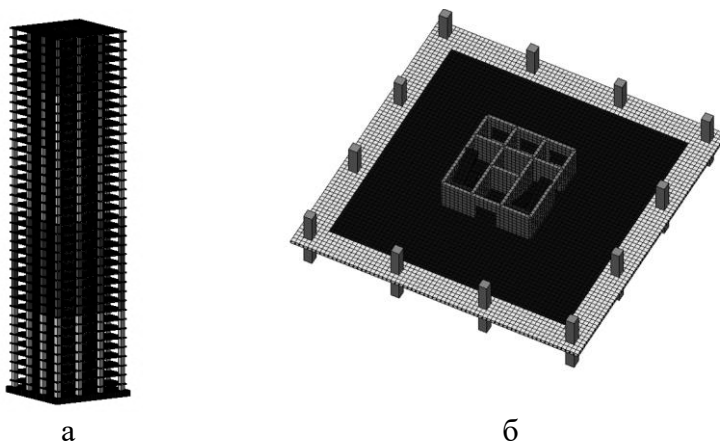


Рис. 1. Расчетная схема в ПК ЛИРА-САПР
 а) модель здания
 б) модель перекрытия

Таблица 1

Сравнение армирования

Номер точки сравнения	Сравниваемый параметр (требуемое армирование)	Базовое решение (первый этап), см ²	Упругая постановка (второй этап), см ²	Упругая постановка с учетом нелинейности (третий этап), см ²
1	верхнее по X	27,6	35,2	33,9
1	верхнее по Y	27,6	35,2	33,9
2	нижнее по X	14,5	13	12,7
3	верхнее по X	27,5	27,6	29,4
3	верхнее по Y	29,1	26,5	29,1
4	нижнее по X	13,4	11,9	11,8
5	нижнее по Y	10,2	9,2	9,0
6	верхнее по X	24,5	29,4	25,2
6	верхнее по Y	24,4	28,9	25,7
7	верхнее по Y	16,3	19,2	16,9

В результате расчетов сделаны следующие выводы:

1. Требуемое армирование на опоре и в пролете по первому, второму и третьему этапу имеет существенное различие.

2. В результате расчета на четвертом этапе получено, что первое и второе предельные состояния для всех перекрытий

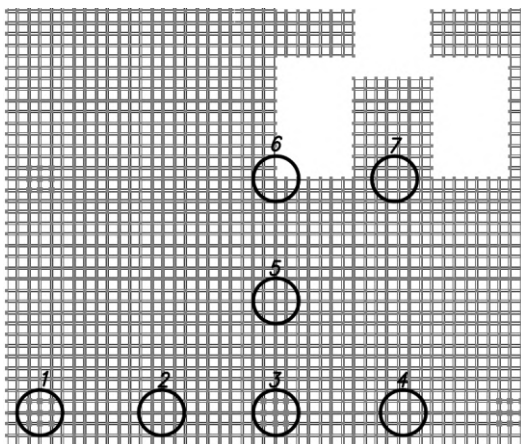


Рис. 2. Точки сравнения армирования

выполняются, т.е. имеется возможность перераспределения усилий в плите перекрытия. Армирование в плите может приниматься по расчету с учетом нелинейности в упругой постановке методом вырезания перекрытия для получения более экономически выгодных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М.: Стройиздат, 1976. 196с.

2. Карпенко Н.И., Круглов В.М., Соловьев Л.Ю. Нелинейное деформирование бетона и железобетона. Новосибирск: СГУПС, 2001. 276с.

3. Симбиркин В.Н., Матковский В.В. К расчету напряженно-деформированного состояния и прочности элементов железобетонных конструкций по нормальным сечениям // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. №4. с.20-26

4. Wood R. Plastic and elastic design of slabs and plates [Пластическая и упругая работа плит]. London, Thames. 1961. 344р.

5. Давидюк А.А., Артемьев Е.А., Шокот С.В. Подбор армирования перекрытия в программных комплексах ЛИРА-САПР, SCAD, ЛИРА 10 // Промышленное и гражданское строительство. 2018 №10. с. 69-73.

6. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю. [и др.]. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Киев; М., 2013. 376с.

7. Родина А.Ю., Барбашев Н.П., Домарова Е.В. Проектирование монолитных железобетонных перекрытий многоэтажного здания Методические указания, Москва: НИУ МГСУ, 2016, 60с.

8. Тамразян А.Г. Особенности работы высотных зданий. Жилищное строительство. 2004. № 3. С. 19-20.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ СО ШТУКАТУРНЫМ СЛОЕМ, АРМИРОВАННЫМ ПРОСЕЧНО-ВЫТЯЖНОЙ СЕТКОЙ

Принято считать, что штукатурный слой – это отделочный слой на поверхностях различных конструкций зданий и сооружений (стен, перегородок, перекрытий, колонн), который выравнивает их и придает им определенную форму, защищает конструкции от влаги, выветривания, огня, повышает сопротивление теплопередаче, уменьшает воздухопроницаемость и звукопроводность ограждающих конструкций. Однако, результаты настоящего исследования доказывают, что при грамотном армировании так называемого «декоративно-отделочного слоя» просечно-вытяжными металлическими сетками, выполненными по современным технологиям, можно к описанным выше достоинствам добавить еще одно: повышение прочности кирпичной кладки [1-5].

Высокая доля каменных зданий и сооружений в нашей стране, построенных в различные периоды времени (от дореволюционного до современного), позволяет предположить, что повышение прочности каменной кладки путем оштукатуривания по сетке является актуальным направлением, тем более, учитывая, что в процессе эксплуатации здание так или иначе подвергается ремонтным работам с заменой штукатурного слоя.

Ниже приведены результаты эксперимента, выполненного с целью оценки влияния внешнего армирования штукатурного слоя кладки стен из керамического кирпича металлической просечно-вытяжной сетки на их прочность.

Для возможности сравнения влияния сетки, установленной в штукатурный слой, на прочность кладки, были изготовлены две серии образцов: неоштукатуренные (эталонные) образцы (2 фрагмента) и оштукатуренные с двух сторон по металлической просечно-вытяжной сетке (3 фрагмента) – см. рисунок 1. Испытания образцов проводились на центральное (внецентренное) сжатие по ГОСТ 8829-94, при этом контролировались следующие параметры:

- величины и характер вертикальных и горизонтальных деформаций по длине опытных образцов;
- момент образования трещин и характер трещинообразования кладки опытных образцов в процессе их нагружения.

Перед испытаниями была проведена проверка прочности элементов кладки (кирпича и цементного раствора) в лабораторных условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 8462-85 и ГОСТ 5802-86. По результатам испытаний марка кирпича по прочности на сжатие принята равной М125, а марка раствора по прочности на сжатие М75.



Рис.1. Общий вид эталонных и оштукатуренных образцов

Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет отметить следующее.

1. Первые волосяные трещины в кладке появляются при нагрузках, составляющих:

- в неоштукатуренных образцах - при $(0,65 \div 0,7) \cdot N_{\text{разр.}}$;
- в оштукатуренных по сетке образцах - при $(0,85 \div 0,9) \cdot N_{\text{разр.}}$.

Таблица 1

Результаты испытаний опытных образцов на внецентренное сжатие

N _{разр} (кН)	N' _{тр.} (кН)	$\frac{N_1}{N_{\text{разр.}}}$	Пр.прочн. при сжатии (МПа)		e _x /e _y (см)	ψ	ω	Пр. проч. при центр. сжатии (МПа)	
			Врем	Расч.				9	10
			R _u ⁱ	R					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
неоштукатуренные образцы – I серия									
1140	740	0,65	4,43	2,22	0,6/3,4	0,9	1,02	2,42	2,43
1200	840	0,70	4,66	2,33	0,5/2,1	0,95	1,0	2,45	
оштукатуренные по сетке образцы – II серия									
1350	1150	0,85	5,24	2,62	0,17/4,7	0,9	1,0	2,91	2,87
1090	980	0,9	4,23	2,12	3,0/2,16	0,68	1,12	2,78	
1380	1240	0,9	5,35	2,67	0,2/1,4	0,91	1,01	2,91	

2. Разрушение опытных образцов происходило по классической схеме с появлением вертикальной трещины на торцевой стороне образца. При этом, в оштукатуренных по сетке образцах, первые трещины появлялись в армированном штукатурном слое и связаны были с отслоением штукатурного слоя от тела кладки с последующим образованием вертикальной трещины в торцевой зоне образца.

3. Предел прочности (временное сопротивление) опытных образцов кладки изменялся в интервале: для эталонных (неоштукатуренных) образцов от 4,43 до 4,66 МПа; для оштукатуренных по сетке образцов от 4,23 до 5,35 МПа.

4. Для возможности сравнения результатов испытаний опытных образцов с учетом различного эксцентриситета приложения нагрузки и прочности раствора в швах кладки, величины расчетных сопротивлений кладки были приведены к условиям центрального приложения нагрузки. По результатам испытаний установлено, что прочность кладки, усиленной штукатурным слоем по просечно-вытяжной сетке, на 18% выше, а момент образования первой трещины более чем на 20% оказался выше, чем соответственно прочность и момент образования первой трещины у эталонной (неоштукатуренной) кладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бедов А.И., Габитов А.И.* Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций. – М.: АСВ, 2006г. 566 с.

2. *Поляков С.В., Сафаргалиев С.М.* Монолитность каменной кладки. Алма-Ата: 1991. 160 с.

3. *Петров Л.А., Файвусович А.С., Черных О.А.* Исследования каменных столбов, усиленных предварительно напряженными обоями // Индустриальные технические решения для реконструкции зданий и сооружений промышленных предприятий. Тезисы докладов семинара, Макеевка, 1986. С.79-82.

4. *Тонких Г.П.* Экспериментальные исследования несущей способности каменной кладки при главных нагрузках / Г.П. Тонких, О.В. Кабанцев, В.В. Кошаев // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2007. – №6. – С. 26-31.

5. Результаты статических испытаний каменной кладки, усиленной железобетонной аппликацией / Г.П. Тонких, О.В. Кабанцев, В.В. Кошаев // Вопросы безопасности военной деятельности, создания и функционирования объектов военной инфраструктуры: Сб. научных трудов под ред. С.Н. Латушкина, Ю.В. Малофеева. – М.: 26 ЦНИИ, 2007. – С. 105- 116.

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ МЕТОДОМ ДЕФОРМИРУЕМОГО МНОГОГРАННИКА

Задачи оптимизации несущих конструкций представляются актуальными [1-4]. Будем использовать для решения задачи минимизации стоимости проектного решения железобетонной рамы модификацию метода Нелдера-Мида, являющуюся разновидностью известного симплекс-метода. Конструктивное решение представим вектором варьируемых параметров, включающим следующие компоненты:

- размеры (длина и ширина) поперечного сечения стоек $b_c \times h_c$;
- размеры поперечного сечения ригеля $\{b_r \times h_r\}$;
- площадь рабочей арматуры стоек $A_{s,c}$;
- площадь верхней рабочей арматуры ригеля на участке $l/4$ от опоры $A_{s,r1}$;
- площадь нижней рабочей арматуры ригеля $A_{s,r2}$;
- класс бетона;
- класс арматуры.

Вектор запишем в виде:

$$x = (b_c \times h_c; b_r \times h_r; A_{s,c}; A_{s,r1}; A_{s,r2}; B; R)^T \quad (1)$$

Тогда цель оптимизации можно представить в виде

$$C = F(\{x\}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где C - стоимость рамы; $\{x\}$ – множество вариантов конструктивного решения рамы, выбираемых путем подбора значений варьируемых параметров из заранее сформированных дискретных множеств.

Процесс поиска решения для экстремальной задачи (2) содержит следующие основные этапы:

1. Выбор трех начальных решений, трактуемых нами как базис (рис.1, а)

2. Поиск точки отражения, соответствующей лучшему значению целевой функции (стоимости). При этом возможны случаи, когда новое положение точки отражения (конструктивного решения) будет вне базиса (рис. 1,б) или внутри него (рис. 1,в).

3. Переход к новому базису, включающему две точки линии отражения и новую точку при условии, что в новой точке значение

функции цели лучше. В ряде случаев вместо операции отражения можно использовать редукцию (рис. 1, г).

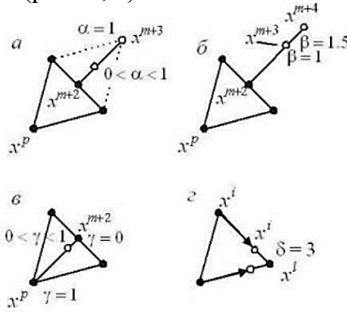


Рис. 1. Иллюстрация поиска решения методом деформируемого многогранника

Рассмотрим пример. Проводился расчет железобетонной П-образной рамы в ПК Лира, опорные узлы закреплялись по направлениям X, Y, Z, UX, UY, UZ. Плоская рама принята размерам 6x4,2 метра. В начальном приближении материал несущих конструкций бетон В15 с модулем упругости $E = 30000$ МПа, сечение колонн 0,4x0,4м, ригелей 0,4x0,5м.

Собственный вес (балок и колонн) назначается автоматически. В середине пролета рамы действует нагрузка в доле оси Z равна 120 кН, на левой и правой опорах действует нагрузка по оси Z равна 3000 кН и на левой колонне действует нагрузка по X равна 80 кН (рис. 2). Учитывались ограничения по прочности, жесткости и раскрытию трещин. Результаты представлены в таблице 1.

При решении задачи для П-образной рамы получилось что надо взять бетон В25 для конструкции рамы, арматуру 5 \varnothing 14 А500с для ригеля и 4 \varnothing 32 А500с для колонны. При решении задач с большим числом варьируемых параметров более эффективно использование генетических алгоритмов [5-7].

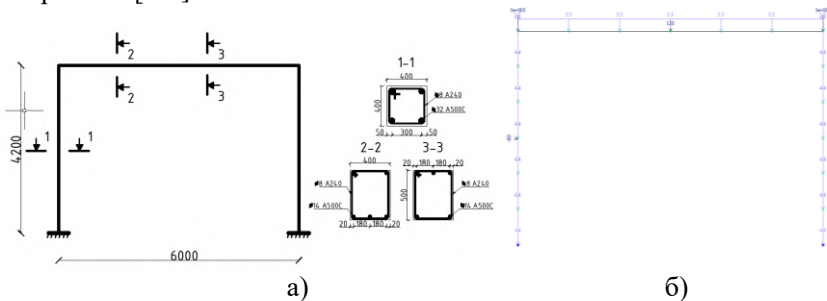


Рис. 2. Геометрическая (а) и расчетная (б) схема П-образной рамы

Табл. 1. Оптимизация стандартной П-образной рамы.

Номер вариант ов	Стоимос ть бетона, руб.	Стоимос ть арматур ы, руб.	Стоимость конструкци й, руб.	Макс. Ширина раскр. трещин, мм	Напряж ение арматур ы, МПа	Напря жение бетона, МПа
1	8910	14620	23530	0,035	374	8,5
2	8910	17125	26035	0,032	374	
3	8910	17315	26225	0,031	326	
4	8910	14810	23720	0,035	326	
5	9670	12390	22060	0,035	372	11,5
6	9670	14040	23710	0,035	372	
7	9670	12335	22005	0,036	388	
8	9670	13985	23655	0,035	388	
9	10180	10335	20515	0,035	372	14,5
10	10180	11435	21615	0,034	372	
11	10180	10280	20460	0,036	388	
12	10180	11380	21560	0,034	388	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.
2. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.
3. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 7. С. 819-830.
4. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.
5. Alekseytsev A.V., Al Ali M. Optimization of hybrid i-beams using modified particle swarm method // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 7 (83). С. 175-185.
6. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.
7. Алексейцев А.В. Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 18-22.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Основной особенностью расчета и моделирования крупнопанельного здания является учет податливости стыков. Расчетная модель состоит из панелей, соединённых друг с другом упругими связями, жесткость которых рассчитывается на основании податливости соответствующего типа стыка.

На сегодняшний день существует три основных метода моделирования крупнопанельных здания в системе ЛИРА-САПР: модель эквивалентного столба, модель платформенного стыка из дискретных связей и модель из специальных конечных элементов горизонтального стыка.

Модель эквивалентного столба-это достаточно упрощенный метод моделирования. Суть его состоит в том, что модель здания представляет собой набор вертикальных несущих элементов чаще всего прямоугольной формы, в которых снижена жесткость для учета работы горизонтального стыка. Разбиение стен на несущие элементы производится в местах пересечения стен, по граням проемов и вертикальным стыкам. Перекрытия и перемычки считаются связями между несущими элементами, препятствующие их взаимным перемещениям по вертикали и в плане [3]. Также стоит отметить, что область контакта стен через растворный шов и линия контакта стеновой панели с плитой перекрытия моделируются цилиндрическим шарниром.

Приведенным модулем деформации стен E_{red} учитывается податливость горизонтального стыка при сжатии. Другими словами, податливость одного конкретного платформенного стыка распределяется по всей высоте стены этажа.

$$E_{red} = \frac{1}{\frac{1}{E_{b1}} \cdot \frac{h_{п}}{h_{эт}} + \frac{\lambda_{c,i}}{h_{эт}}}$$

где E_{b1} -расчетный модуль упругости материала стен, $h_{п}$ - высота стеновой панели, $h_{эт}$ - высота этажа, $\lambda_{c,i}$ - коэффициент податливости при сжатии платформенного стыка.

Данный метод моделирования имеет свои существенные недостатки: не учитывается податливость платформенного стыка сдвигу и важным условием применения метода является регулярность системы по высоте.

Второй метод моделирования - это модель платформенного стыка из дискретных связей. Этот метод можно считать более точным по сравнению с первым методом, описанным в данной статье, так как при моделировании дискретными связями учитываются локальные эффекты: распределение перемещений и напряжений в каждом элементе здания [4].

На рисунке 1 изображена расчетная схема платформенного стыка, в которой плоские элементы связаны между собой в узлах упругими связями, жесткость которых соответствует определенному участку платформенного стыка, при этом на значение жесткости влияет шаг по длине стыка панелей, наличие дверных проемов, тип соединения (двухсторонний или односторонний платформенный стык) и толщина стены.

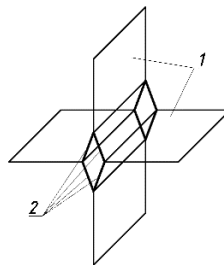
Жесткость двухстороннего конечного элемента на сжатие R_z и на сдвиг $R_{x,y}$ определяются по следующим формулам:

$$R_z = \frac{A}{\lambda}, \quad R_{x,y} = \frac{A}{\lambda_\tau}$$

где A - грузовая площадь двухстороннего КЭ, зависящая от шага узлов КЭ стеновой панели, λ - коэффициент податливости при сжатии платформенного стыка, λ_τ - коэффициент податливости стыка при сдвиге.

Несмотря на то, что этот метод моделирования более точный, в нем есть и отрицательная сторона: создание модели очень трудоемкое занятие, так как жесткости задаются и вычисляются вручную, а из-за этого процесс редактирования еще более сложен.

Третий способ – это модель из специальных конечных элементов горизонтального стыка, который стал возможен на базе САПФИР-3D начиная с версии 2017 года. В этой версии появился новый специальный инструмент «Стык», который позволяет автоматически построить аналитическую модель соединения панелей между собой, при чем жесткостные характеристики конечного элемента стыка не зависят от шага разбиения сетки, и после проведения расчета, сразу получаем напряжения в стыке [2, 5].



1- пластинчатый КЭ панели и плиты перекрытия; 2- двухузловой КЭ.

Рис. 1. Расчетная схема платформенного стыка

Одним из важных достоинств данного метода является возможность учета нелинейной работы стыка. На рисунке 2 представлена диаграмма σ – ϵ для построение напряженно-деформированного состояния от вертикального усилия для специального нелинейного конечного элемента стыка [1]. Параметры диаграммы определяются в зависимости от коэффициента податливости стыка на соответствующем участке диаграммы, высоты конечного элемента стыка и от напряжений, при которых изменяется податливость.

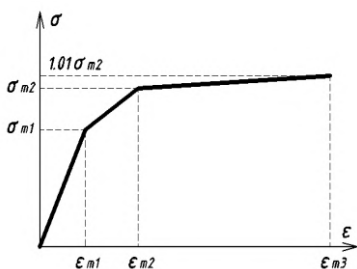


Рис. 2. Диаграмма работы специализированного нелинейного КЭ стыка

Физическая нелинейность, реализованная в программном комплексе, соответствует действию длительных и, отчасти, кратковременных нагрузок. Но эта методика не соответствует режиму знакопеременных нагрузок (ветер, сеймика и т.п.), т.к. не определен механизм учета снятия нагрузки и приложения нагрузки с другим знаком.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что за последняя время способы моделирования крупнопанельных зданий существенно продвинулись вперед: стал возможен учет нелинейной работы стыка и процесс моделирования теперь более автоматизирован, а это значит, что снизилась вероятность ошибки в расчетах из-за человеческого фактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Водопьянов Р.Ю.* Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК ЛИРА-САПР 2017 // Жилищное строительство. 2017. № 3. С. 42-48.
2. *Губченко В.Е.* Работа с инструментами «Стык» ПК ЛИРА-САПР // Жилищное строительство. 2018. № 3. С. 30-35.
3. *Шапиро Г.И., Гасанов А.А., Юрьев Р.В.* Расчет зданий и сооружений в МНИИТЭП // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 6. С. 35-37.
4. *Шапиро Г.И., Юрьев Р.В.* К вопросу о построении расчетной модели панельного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 12. С. 32-33.
5. *Данель В.В., Кузьменко И.Н.* Определение жесткости при сжатии платформенных и платформенно-монолитных стыков крупнопанельных зданий // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 2. С. 7–13.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СЖАТОГО БЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Работа конструкций при малоцикловом нагружении является важным вопросом при проектировании зданий и сооружений. При циклическом нагружении в бетоне возникают микротрещины, которые после повторного нагружения увеличивают свое влияние на снижение прочности [1]. В настоящей работе рассматривается не многократно повторные нагрузки с постоянными максимальными и минимальными уровнями напряжений при сжатии в цикле в пределах экспериментально найденных уровнях трещинообразования [2].

На диаграмме деформирования бетона отметили две параметрические точки R_{crc}^0 , R_{crc}^V , характеризующие процесс трещинообразования в процессе нагружения сжатого бетона. Первая параметрическая точка процесса деформирования бетона соответствует «нижней границе образования частично обратимых микротрещин» R_{crc}^0 , а вторая параметрическая точка – «верхней (условной) границе образования необратимых микротрещин» R_{crc}^V [4]. В ходе проведения испытаний бетонных образцов призм, с использованием ультразвукового прибора и тензометрических датчиков были найдены соответствующие уровни из графиков 1,2. Соответственно $R_{crc}^0 = 0,45R_b$, $R_{crc}^V = 0,9 R_b$.

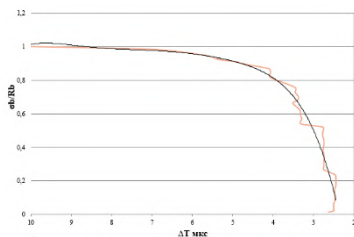


График 1. Зависимость «ΔT(мкс)-η»

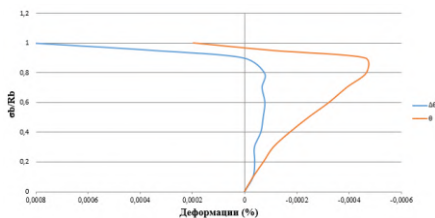


График 2. Зависимость «Δθ(θ) – η»

Критерием малоциклового приспособляемости служат два основных принципа: стабилизация деформаций [6] и неизменность несущей способности по сравнению с однократным нагружением [3].

Ниже приводятся отдельные результаты по испытанию центрально

сжатого бетона в условиях малоциклового нагружения – на базе 100 циклов [5].

Прочность при циклическом нагружении можно записать в виде:

$$R_{b, \text{cyc}} = \gamma_{b, \text{cyc}} \cdot R_b,$$

$$\text{где } \gamma_{b, \text{cyc}} = (1,504 - 0,110 \cdot \eta_{\text{top}} - 1,051 \cdot \eta_{\text{top}}^2) \cdot \sqrt{\eta_{\text{top}}} - 0,3 \cdot \ln \eta_{\text{top}}$$

$$\eta_{\text{top}(\text{low})} = \frac{\sigma_{b, \text{max}(\text{min})}}{R_b} \text{ - верхний (нижний) относительный уровень}$$

нагружения призмы.

По аналогии записывается модуль упругости бетона при циклическом нагружении:

$$E_{b, \text{cyc}} = \gamma_{E, \text{cyc}} \cdot E_b$$

$$\text{где } \gamma_{E, \text{cyc}} = (1,816 + 0,375 \cdot \eta_{\text{top}} - 1,374 \cdot \eta_{\text{top}}^2) \cdot \sqrt{\eta_{\text{top}}} - 0,3 \cdot \ln \eta_{\text{top}}$$

Деформации в вершине диаграммы равны:

$$\varepsilon_{b0, \text{cyc}} = 0,7 \cdot R_{b, \text{cyc}}^{0,31}$$

Были проведены серии испытаний образцов призм с записью диаграмм деформирования (рисунок 3,4,5,6) на заданных уровнях нагружений, взятых из результатов статических испытаний призм, где $R_b = 23.34$ МПа. В таблице 1 приведены результаты испытаний.

Таблица 1. Результаты испытаний.

№п.п.	$\eta_{\text{top}} - \eta_{\text{low}}$	N, циклов	R_b	Примечание
1	0,2-0,9	14	21,18	Разрушение после 14 циклов.
2		-	19,29	Разрушение после 1 циклов.
3		100	22,14	Разрушение после 100 циклов.
1	0,2-0,7	100	21,18	Разрушение после 100 циклов.
2		100	19,29	Разрушение после 100 циклов.
3		100	22,14	Разрушение после 100 циклов.
1	0,5-0,95	-	17,62	Разрушение после 1 цикла.
2		-	20,274	Разрушение после 1 цикла.
3		-	21,901	Разрушение после 1 цикла.

Выводы:

1. В первые 50 циклов выбираются значительные приращения деформаций ($\Delta \varepsilon$);
2. При заданной скорости нагружения до $0,95R_b$ происходит разрушение образца вследствие быстро нарастающей ползучести после 1 цикла;
3. При уровне нагрузки в цикле $(0,5-0,95)R_b$ – снижение прочности на 9,76%, при уровне нагрузки в цикле $(0,2-0,9)R_b$ – снижение прочности на 10,66%

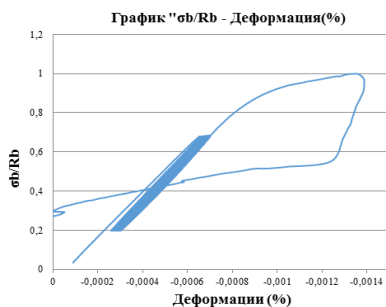


Рисунок 3. Полная диаграмма деформирования по тензорезисторам.

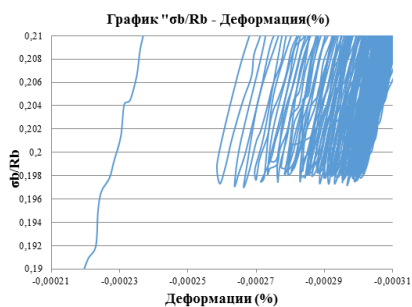


Рисунок 4. Деформации на уровне 0,2R_b

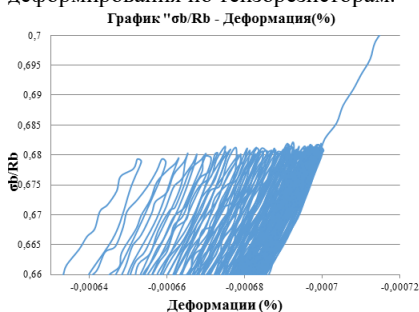


Рисунок 5. Деформации на уровне 0,7R_b

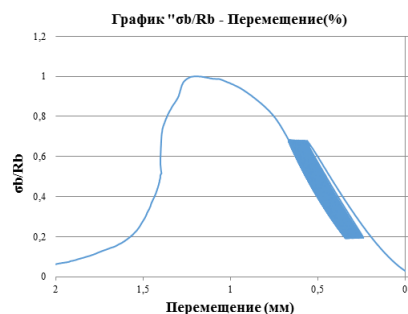


Рисунок 6. Полная диаграмма деформирования по перемещениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Истомин А.Д., Кудрявцев М.В.* Влияние малоциклового нагружения на диаграмму работы бетона при сжатии // Дни студенческой науки МГСУ 2020 с.413-415.
2. *Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В., Кокарев С.А.* Методика описания диаграммы бетона с переменными уровнями напряжений сжатия и частичной разгрузкой // Промышленное и гражданское строительство. 2015 №3 с.12-15
3. *Ерышев В.А., Латышева Е.В., Ключников С.В., Седина Н.С.* К построению диаграмм циклического нагружения бетона при одноосном сжатии // Известия КГАСУ №1(23) 2013 с.104-108
4. *Истомин А.Д., Кузнецова К.Ю., Кудрявцев М.В., Шувалова Е.А.* Стойкость фибробетона на минеральном волокне к многоцикловым нагружениям // Дни студенческой науки 2020 с.371-373
5. *Ерышев В.А., Гурьянова А.В.* К методике описания диаграмм бетона при сложных режимах нагружения // Эксперт: теория и наука. № 5(8) 2020 с.30-33.
6. *Тамразян А.Г.* Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 181-189.

Студентка магистратуры 2 года обучения 2 группы ИСА Марченко В.А.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Истомин А.Д.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ НА ВЛАЖНОСТЬ БЕТОНА И ЕГО ОСТАТОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ

Множество исследований влияния ЦЗО (циклического замораживания – оттаивания) на железобетонные и бетонные конструкции отражают связь между воздействием отрицательных температур и ростом остаточных деформаций в бетоне, которые наблюдаются в виде влажностных деформаций расширения [1,2]. При длительном действии нагрузок влажностные деформации существенно влияют на работу железобетонных конструкций и приводят к сокращению сроков эксплуатации здания [1,3,4,5].

Один из критериев, влияющих на деформации расширения при ЦЗО, -влажность [2]. С помощью экспериментальных данных необходимо выявить ряд зависимостей, для определения количественного значения влажностных деформаций при воздействии знакопеременных температур с учетом изменения влажностных характеристик бетона.

Для экспериментов использовали призмы размером 100x100x400 мм.

Использовался бетон с В/Ц=0,32 и соотношением цемента, песка и щебня 1:1, 2:2,2. Активность цемента -450. Крупный заполнитель - гранитный щебень фракции до 10 мм. Так же в бетонную смесь вводили добавку, состоящую из 0,7% С-3 и 0,15% ГКЖ-94.

Водонасыщение образцов производилось в возрасте 120 сут. Водонасыщаемые образцы находились в течение 40 суток в воде.

Характеристики образцов в зависимости от режима приведены в таблице 1:

Таблица 1

Режимы испытаний и характеристики образцов

Режим	Влажность		S/V
	Перед экспериментом	После эксперимента	
ЦЗО с водонасыщением	5,01	5,46	0,4
То же без водонасыщения	3,83	4,23	0,4
Испытание в воде при 20°C	3,60	5,00	0,4

Испытания проводились в соответствии ускоренной методики испытания бетона на морозостойкость при скорости циклического замораживания – оттаивания 1 цикл/сут.

Так как увеличение влажности бетона при воздействии знакопеременных температур влечет за собой рост остаточных деформаций в бетоне, то при установлении расчетных формул необходимо определить зависимость изменения влажности бетона от количества циклов замораживания – оттаивания. На основе экспериментальных данных была выведена следующая зависимость влажности от количества циклов замораживания-оттаивания (1):

$$\Delta W_c = -0,0527 \cdot m^2 + 0,3273 \cdot m, \quad (1)$$

где $m = \frac{c}{c_f}$ - относительное количество ЦЗО;

c - текущее количество циклов замораживания-оттаивания;

c_f - циклов замораживания- оттаивания, соответствующее марке бетона по морозостойкости.

Влажность в начале очередного цикла з.о. определяется по формуле (2):

$$W_c = W_0 + \Delta W_c, \quad (2)$$

где W_0 - влажность бетона до ЦЗО.

Перед началом каждого цикла з.о. суммарные деформации рассчитываются суммарные деформации (3):

$$\varepsilon_{b,c} = \varepsilon_{b,p} + \varepsilon_{b,sw}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{b,sw} = 48,109 \cdot \frac{\Delta W}{W_0}$ – деформации набухания в ходе ЦЗО;

$\varepsilon_{b,p} = 285,08 \cdot (\Delta W \cdot W_0)^2 - 85,259 \cdot \Delta W_c \cdot W_0$ – остаточные деформации расширения бетонов F<100

$\varepsilon_{b,p} = 385,25 \cdot (\Delta W \cdot W_0)^2 - 5,4446 \cdot \Delta W_c \cdot W_0$ – остаточные деформации расширения бетонов F>100

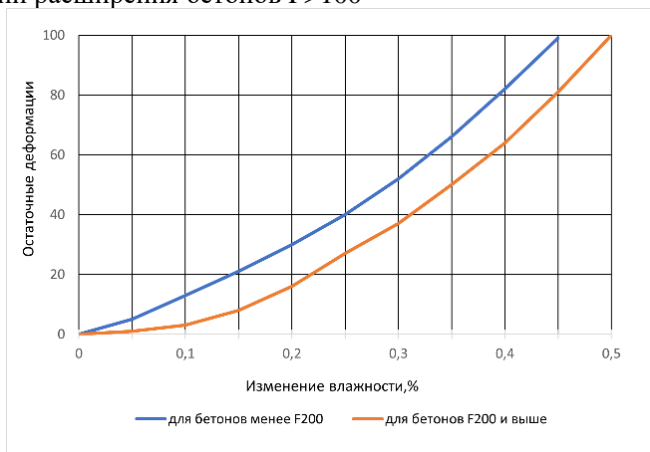


Рис.2 Изменение суммарных деформаций бетона в начале цикла замораживания от изменения его влажности

При анализе и сравнении экспериментальных данных с расчетными зависимостями можно сделать вывод о возможности использования полученных формул для определения влажностных деформаций в зависимости от количества циклов замораживания и оттаивания и марки бетона по морозостойкости. При этом целесообразно выполнить оценку изменчивости наблюдаемых жесткостных параметров по [6, 7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Истомин А.Д., Петрова В.А.* Усилия в статически неопределимых железобетонных конструкциях при силовых и температурных воздействиях. //Безопасность строительного фонда России проблемы и решения. -2019- С.60-68

2. *Истомин А.Д., Александров Е.Н., Огурцова Л.П.* Влияние способа водонасыщения бетона и отрицательной температуры на его деформативно-прочностные характеристики // Наука и техника в дорожной отрасли.-2018 №4(86) -С.40-42

3. *Гончаров Л.А. Гладков В.С.* Влияние напряжений сжатия на морозостойкость бетона// Бетон и железобетон. - 1981. №10.-С.15-16

4. *Актуганов И.З.* Методика оценки влияния климатических температурно-влажностных воздействий на долговечность бетона строительных конструкций.-Новосибирск: НГТУ,2008

5. *Истомин А.Д.* Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.-2017 №2(368) - С141-145

6. *Тамразян А.Г., Дудина И.В.* Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.

7. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ АНКЕРОВКИ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ ПРИ УСИЛЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одним из методов усиления железобетонных конструкций является применение систем внешнего армирования, преимущественно на основе углеродных волокон. Выбор углеродных волокон по отношению к стеклянным, арамидным обоснован более сбалансированными свойствами материалов – прочностью, упругостью и величиной релаксации напряжений при действии нагрузок.

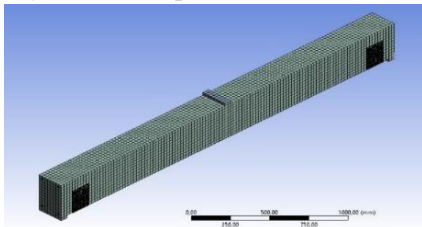
В общем можно констатировать, что метод усиления в первую очередь нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов достаточно изучен [1-6], но есть ряд направлений для дальнейшего совершенствования и повышения эффективности. Одно из таких направлений – устройство анкеровки внешнего армирования. В общем виде, в нормативных документах присутствует обобщенное упоминание анкеровки – по сути рекомендации применения. При этом выделены варианты: U-образные хомуты, механические прижимные пластины, анкера. В данной работе рассмотрен вопрос применения исключительно U-образных хомутов. Для чего выполнено математическое моделирование в программном комплексе ANSYS.R2

Композитные материалы на основе фибры (волокон), используемые при усилении строительных конструкций, производятся из микроволокно, которые омоналичивания в полимере. При этом образуется единый композитный материал. Физика механические свойства композитных материалов определяются в наибольшей степени свойствами, а также ориентацией используемых волокон. Анализ влияния анкеров композиционных материалов обосновывается на основы численного и компьютерного анализа. Рассмотрим влияние анкеров в системах внешнего армирования при усилении нормальных сечения изгибающих железобетонных с учётом устройства анкерных элементов методом усиления композитными материалами в программке «ANSYS 2020. R2».

Выполнено компьютерное моделирование работы изгибаемых усиленных железобетонных систем под нагрузкой, с усилением наружным армированием и без него. Моделирование велось для определения характеристик прочности и деформативность изгибаемых систем при различных вариантах разрушения усиливаемого элемента и элементов усиления. В качестве платформы для численного анализа был использован МКЭ-комплекс ANSYS 2020.R2. Данный комплекс позволяет моделировать системы различных конфигураций и конструктивных

решений, проводить подбор сечений и исследовать влияния свойств материалов на напряженно-деформированное состояние системы. Математическое моделирование проводилось на однопролетной балке с пролетом 3 м. Нормальное сечение 200х300 мм с продольной арматуры (нижней арматурой 2 \varnothing 20 и верхней 2 \varnothing 16) и поперечный арматуры (\varnothing 8). Усиленная балка и внешняя арматура моделировались стержневыми элементами, а соединение осуществлялось элементами с более высоким порядком жесткости. (рис. 1).

С учетом анкеровки



Без анкеровки

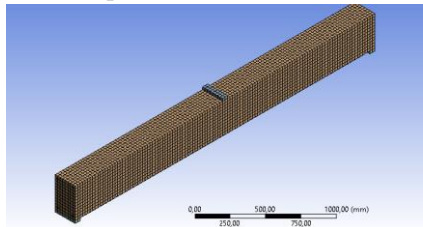


Рис.1 Конечно-элементные модели балок

Результаты расчета для двух моделей (с учетом анкеровки и без анкеровки) показаны в таблице диаграмм (рис. 2), сводной диаграмме результатов нагрузки-вертикальные перемещения (рис. 3).

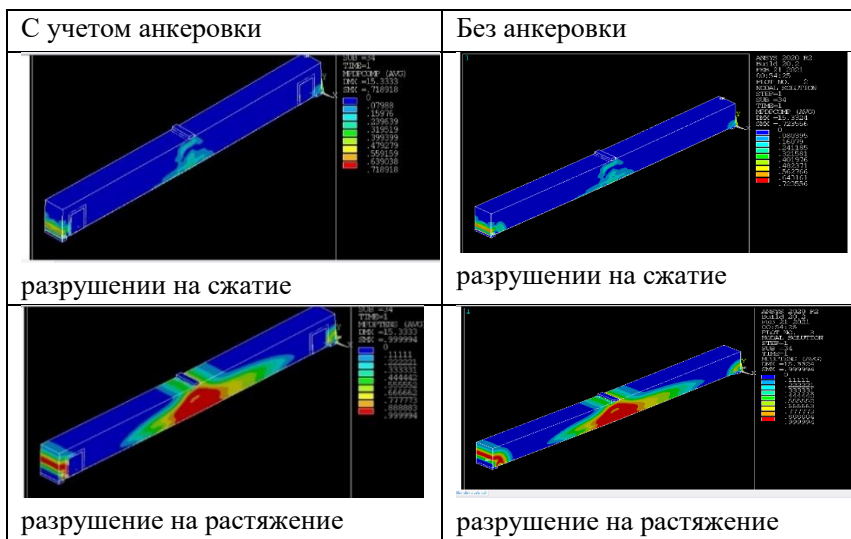


Рис. 2. Схемы разрушения при сжатии и растяжении

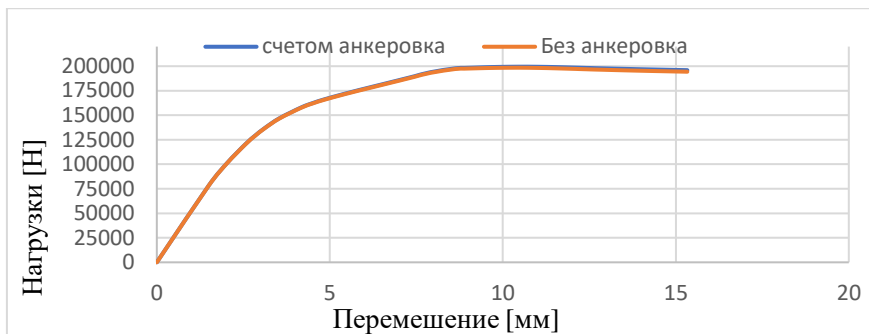


Рис. 3. Вертикальные перемещения

Проводя анализ диаграмм нагрузки и перемещения обеих моделей балок (рис. 3) (с учетом анкеровки, без анкеровки), замечаем небольшое различие несущей способности двух балок, т. е. предельной нагрузки, которой может привести к максимальному перемещению (15,33 мм) для внешнего армирования при расчете усиления нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов композитными материалами с учетом анкеровки, по отношению к балке без анкеровки. Как результат можно сделать вывод, что использование анкера для балки играет значимую роль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Курлапов Д.В.* Усиление железобетонных конструкций с применением полимерных композитов. // Инженерный строительный журнал, Вып. 28, 2009, с.22-24.
2. *Глинский В.В., Ионин В.Г.* Статический анализ. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2002. – 241 с.
3. *Меркулов С.И., Есинов С.М.* Экспериментальные исследования сцепления внешней композитной неметаллической арматуры с бетоном // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. - 2017. № 1. -С. 93-97.
4. Исследование работы на вырыв Применение анкеров на основе углеродных волокон при устройстве систем внешнего армирования;
5. *Шилин А.А., Пиеничный В.А., Картузов Д.М.* Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. – М.: Стройиздат, 2007. – 82-85 с.
6. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА

Задачи усиления железобетонных конструкций являются актуальными в строительной науке. При этом наряду с обычным проектированием могут использоваться и методы оптимизации, основанные на случайном поиске [1-4]. Важным вопросом при этом является учет механической безопасности, который реализуется в виде оценки рисков материальных потерь при отказе конструкции [5-8]. Различают основные способы усиления балок, включающие введение стальных шпренгелей, внешнего углепластикового армирования, наращивание бетоном и др. Остановимся на усилении стальными шпренгелями (рис. 1, а).

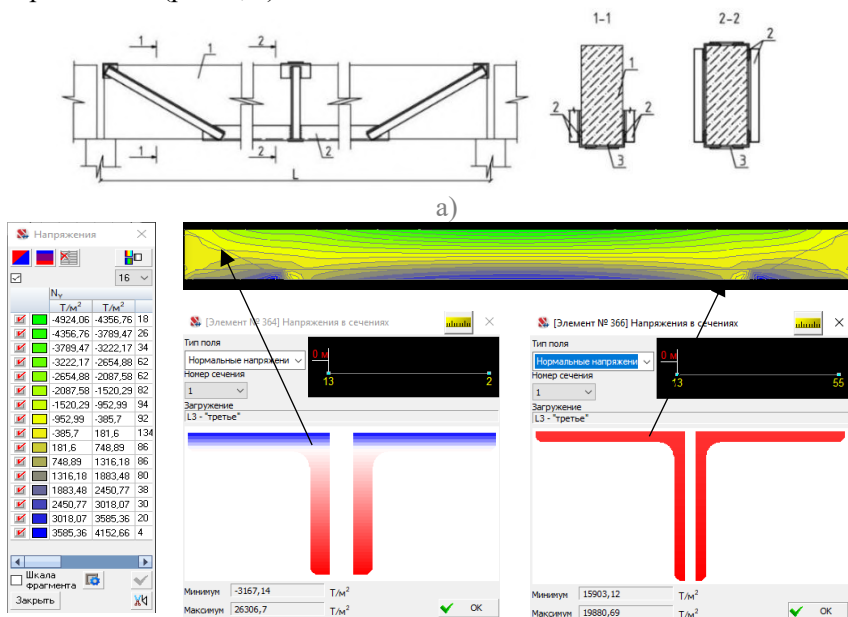


Рис.1. Схема железобетонной балки, рассматриваемая при оптимизации (а): 1 - балка; 2 – стальные пролетные и наклонные уголки; 3 – соединительные планки (пластинки); НДС варианта конструкции (б)

Ставим задачу минимизации стоимости C системы усиления и суммарного риска материальных потерь R

$$(C + R) \rightarrow \min . \quad (1)$$

Учитываются ограничения по прочности уголков системы усиления и по прогибу усиленной системы. Стоимость системы усиления вычисляется по формуле

$$C = C_{an}(X_1, X_2) + C_{pl} + C_f . \quad (2)$$

где $C_{an}(X_1, X_2), C_{pl}, C_f$ – стоимости уголков, соединительных планок, и фасонки опорных узлов соответственно. Параметры X_1, X_2 выбираются из множеств допустимых значений случайно и далее используются в генетическом алгоритме, основанном на положениях работы [3].

$$X_1 \in \{X_{1i}\}, X_2 \in \{X_{2j}\}, i = 1..n, j = 1..m, X = \{A, J_x, J_y, x_{\max}, y_{\max}\} . \quad (3)$$

где $n, m, A, J_x, J_y, x_{\max}, y_{\max}$ – соответственно числа профилей для пролетных и наклонных уголков; площадь и осевые моменты инерции выбираемого профиля. Величины C_{pl}, C_f в процессе оптимизации принимаем постоянными: $C_{pl} = 95$ руб., $C_f = 280$ руб. Отличие предлагаемого алгоритма оптимизации от изложенного в работе [5] состоит в использовании модифицированного оператора изменений. Варьируемые параметры и результаты поиска приведены в таблице 1. Принимаем пролет балки 6м, нагрузка на балку $q=200$ кН/м, бетон В20, арматура А500, нижнее рабочее армирование 3d/Ø10, сечение балки 250x500(н) мм.

Таблица 1. Исходные данные и результаты оптимизации

Наименование параметра	Допускаемые профили	Выбранный профиль	$C+R$ балки, руб.	Прогиб балки f , мм	Напряжения в уголках, МПа
Наклонные Уголки	ГОСТ 8509-93: 160x12;150x12 150x10;140x10 125x10;120x10 100x10;90x10; 80x10;70x10; 60x10; 60x8;	60x8	39525	29,39	344
Пролетные уголки	ГОСТ 8509-93: 180x12;160x12 160x10;150x10 140x10;	140x10			208

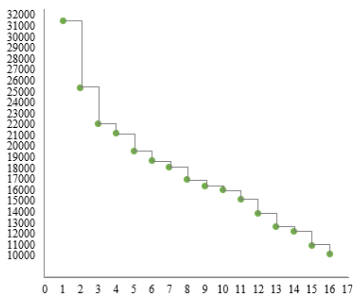


Рис. 2. Изменение себестоимости системы усиления балки (стоимость по вертикали, номер итерации по горизонтали)

Величина R условно принималась равной $R = f1000$. График изменения условной стоимости от итерации поискового алгоритма представлен на рис. 2. В результате решения задачи оптимизации системы усиления установлено, что предлагаемая схема решения задачи позволяет выбирать наиболее эффективные параметры системы усиления. Данный алгоритм имеет перспективы использования для усиления балок внешней арматурой из углепластика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.
2. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.
3. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 7. С. 819-830.
4. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.
5. Alekseytsev A.V., Al Ali M. Optimization of hybrid i-beams using modified particle swarm method // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 7 (83). С. 175-185.
6. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.
7. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.
8. 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.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНКЕРНЫХ УПОРОВ В СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ

При проектировании сталежелезобетонных конструкций одной из главных задач является обеспечение надежной совместной работы стальных балок и железобетонной плиты. В структуре сталежелезобетонной конструкции имеется наличие слоев с резко выраженными отличительными особенностями по физико-механическим свойствам. Это создает повышенные требования к конструкторским решениям применяемых соединительных устройств.

Проблема надежного соединения составных частей сталежелезобетонных конструкций, возникшая на этапе появления составных конструкций, по сей день является актуальной задачей. С одной стороны, инженерам и научным деятелям не дает покоя необходимость разработать надежные способы оценки прочности сопряжения плиты с балкой, с другой стороны, продолжается поиск наиболее эффективных конструктивных решений соединительных элементов.

Для обеспечения надежной работы соединения композитных элементов сталежелезобетонной конструкции используются анкерные крепления различных типов, которые отличаются сложностью конструктивного решения, простотой реализации и обеспечением контактной жесткости.

Оценка прочности соединения конструктивных частей в действующих нормативных документах и рекомендациях [1, 2, 3] сводится к расчету прочности анкеровки отдельно для стали и отдельно для железобетона: скалывание бетона и прочности анкерного стержня, в случае применения сталежелезобетонного перекрытия, устроенного по профилированному настилу, также учитывается сопротивление профиля вырыванию и разрыву [3].

Согласно работе Б.П. Маркова [4] величина сцепления железобетонной плиты со стальной балкой достигает значения 34 кг/см^2 . Такое сцепления достигается только при наличии анкерных упоров в балках. При испытании балки на сдвиг при отсутствии анкеров конечное значение адгезии в среднем в диапазоне от 9 до 12 кг/см^2 . По результатам своих исследований Ю.С. Мартынов [5] рекомендует принимать предельное значение сцепления между композитными слоями сталежелезобетона без учета работы упоров, независимо от марки бетона, равным 10 кг/см^2 , в это время максимальное значение сцепления при прямом сдвиге было 1924 кг/см .

При наличии соединительных элементов адгезия нарушалась при более высоких средних значениях – 4246 кг/см, и существенно не зависела от класса бетона.

Приведенные значения соответствуют сдвигающим напряжениям в стыковом шве, полученные в экспериментальных условиях без учета работы анкеров. До нарушения сцепления, усилия сдвига частично передаются прямым сцеплением, а частично – за счет анкерных упоров.

Экспериментальные исследования зоны шва между сталью и бетоном показали, что при однократном увеличивающемся статическом усилии адгезия нарушается до начала наступления предельного состояния упоров, в особенно в случае сборного железобетона и наличии подливки. При многократных рабочих воздействиях сцепление нарушается относительно быстро, и при дальнейшей эксплуатации все усилия сдвига передаются практически только через соединительные элементы [6]. Поэтому конструирование сталежелезобетонного перекрытия без специальных соединительных упоров нельзя считать целесообразным, что также подтверждают исследованиями Хаютин Е.И. и приведено в работах Стрелецкого Н.Н. [6, 7, 8].

Инженер Е.И. Хаютин провел экспериментальное исследование работы на сдвиг сталежелезобетонных образцов, объединив составные элементы при помощи жестких анкерных упоров [8]. Основной целью исследований было проанализировать полученные характеристики с различных конструктивных форм анкеров, а также оценка надежности зоны объединения при применении различных соединительных элементов.

Анализируя полученные опытные значения получили следующие данные: конструктивное решение анкеров не влияло на получаемое значение сопротивления сдвигу шва, которое в среднем составляло 45,6 кг/см.

В общем можно отметить, что принятые в экспериментах решения по анкерам, в силу простоты и технологичности, а также высокому значению сопротивлению сдвига рекомендованы для использования их в дальнейшем при проектировании аналогичных сталежелезобетонных конструкций.

Испытания также показали, что ни на одном из образцов после разрушения и снятия бетона с поверхности упора не было обнаружено нарушений в анкерных упорах и сварных швах.

Результаты проведенных испытаний Б.П. Маркова, Ю.С. Мартынова, Е.И Хаютина позволяют утверждать о высокопрочных свойствах анкерных упоров.

Сталежелезобетонн прочно зарекомендовал себя на рынке материалов. Основное преимуществом конструкций - быстрое строительство зданий сооружений. Уменьшение массы строительных элементов до 20%

приводит к уменьшению нагрузки на фундаменты и увеличивает экономическую эффективность строительства. При определённых условиях, профнастил может быть включен в работу плиты перекрытия, что позволяет дополнительно сэкономить на армировании.

Применение технологии сварки анкерных упоров доказало свою надежность и эффективность при возведении инженерных, гражданских и промышленных зданий и сооружений.

Чаще всего анкерные упоры применяются в монтаже мостов и автодорожных развязок.

При возведении гражданских зданий и сооружений анкерные упоры используются при строительстве высотных зданий, многоуровневых паркингов, спортивных сооружений и ТЦ.

В заключение можно отметить, что не смотря на небольшую продолжительность применения анкерных упоров в отечественном строительстве, эти элементы уже укрепились на определенном секторе рынка материалов, сфера их применения в строительстве постоянно растет и дает свои положительные результаты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*
2. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.
3. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. - М.: Стройиздат, 1987. - 41 с.
4. *Марков Б.П.* Исследование условий совместной работы железобетонной плиты с металлическими сплошными балками/ Труды Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта/ Б.П. Марков. – вып. XIII. - Новосибирск, 1958. – 123 с.
5. *Мартынов Ю.С.* Исследование стальных ферм при включении в работу системы железобетонного кровельного настила: автореф. дис. ... канд.техн. наук - Минск: 1970. – 28 с.
6. *Стрелецкий Н.Н.* Сталежелезобетонные пролетные строения мостов/ - 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Транспорт, 1981. – 360 с.
7. *Стрелецкий Н.Н.* Сталежелезобетонные мосты/– М.: Изд-во «Транспорт», 1965. –376 с.
8. *Хаютин Е.И.* Исследование сталежелезобетонных балок перекрытий двухэтажных производственных зданий: дис. канд. техн. наук.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ ПО КРИТЕРИЮ ПРОДАВЛИВАНИЯ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вопрос продавливания плоских монолитных железобетонных плит был тщательно изучен в прошлом различными исследователями теоретически и экспериментально. Например, Муттони А. [1, 2.], в своих работах занимался исследованием факторов, влияющих на несущую способность узла сопряжения плиты и колонны. Так работа [3] легла в основу данной статьи. При создании численных моделей и анализе напряженно-деформированного состояния узла сопряжения плиты и колонны также были учтены работы Червенка В. [4, 5].

Исследования напряженно-деформированного состояния, несущей способности и трещинообразования выполнены численным методом с использованием программного комплекса (ПК) АТЕНА [6]. Для проведения исследований была создана расчетная схема узла сопряжения плиты и колонны.

Расчетная модель представляет собой 1/4 часть опорной зоны железобетонной плиты. Продольное армирование растянутой и сжатой зон плит моделировалось стержневыми конечными элементами. Диаметр арматурной стали и шаг стержней были приняты такими, чтобы разрушение образца происходило от продавливающего усилия, а не от изгиба плиты, либо было комбинированное разрушение. Нагрузка на плиту передавалась через колонну в геометрическом центре плиты. Было смоделировано опирание образца, которое осуществлялось по контуру на стальную прямоугольную распределительную раму. Материал колонны принят упругим с модулем упругости бетона для упрощения расчетной схемы. Необходимые для описания работы бетона параметры вычислены по МС 2010 [7] на основании кубиковой прочности бетона. Плита, колонна и опорная конструкция моделировались объемными конечными элементами. Объемные конечные элементы для расчетной модели плиты

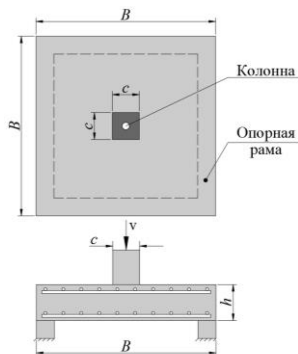


Рис. 1. Геометрия численных моделей использования для ПК АТЕНА

представляли собой прямоугольные призмы с размерами 25x25x25 мм. Основные параметры моделей для численных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры КЭ моделей, используемых в ПК АТЕНА

Образец	B , м	c , м	h , м	h_0 , м	Арматура, диаметр (мм) / шаг (мм)	μ_s , %	f_c , МПа	f_t , МПа	f_y , МПа
П1	1.0	0.15	0.2	0.163	Ø10 / 100	0.48	22.4	1.78	500
П2	1.0	0.15	0.2	0.163	Ø14 / 100	0.94	22.4	1.78	500
П3	1.0	0.15	0.2	0.163	Ø16 / 100	1.23	22.4	1.78	500
П4	1.0	0.15	0.2	0.163	Ø20 / 100	1.93	22.4	1.78	500

Где: f_c – предел прочности бетона при осевом сжатии; f_t – предел прочности бетона при осевом растяжении; f_y – предел текучести арматуры.

Результаты численных исследований несущей способности железобетонной плиты с учетом продольного армирования в сопоставлении с результатами расчетов по действующим нормативным документам [8, 9] приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты численных исследований

Обр.	$V_{sim, ATENA}$, кН	$F_{b,ult}$ [8], кН	$V_{Rd,c}$ [9], кН	Напряжения в арматуре в момент разрушения образца, МПа
П1	538	363	343	493
П2	589	363	430	346
П3	602	363	467	277
П4	636	363	467	200

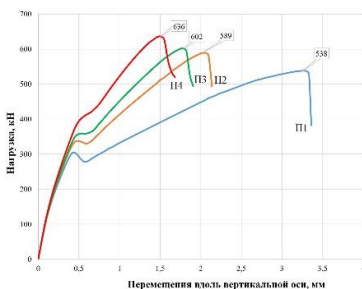


Рис. 2. График деформирования расчётных моделей и величины предельных нагрузок (кН) деформированного состояния железобетонной плиты с продольным армированием растянутой зоны:

Анализ результатов, полученных в численных исследованиях, позволяет установить ряд новых аспектов в

схеме формирования напряженно-

- Продольное армирование растянутой зоны бетона блокирует формирование, развитие и раскрытие трещин в указанной зоне. Основным объемом трещин формируется в зоне сжатого бетона, что дает основания определить схему разрушения узла преимущественно по механизму продавливания.

- Увеличение количества продольной арматуры в плите приводит к уменьшению предельных деформаций в предельном состоянии.

- Напряжения в стержнях армирования растянутой зоны бетона снижаются при увеличении диаметра арматурных стержней, но уровень несущей способности узла по критерию продавливания повышается. Таким образом, повышение процента продольного армирования растянутой зоны бетона обеспечивает существенное повышение несущей способности железобетонной плиты по критерию продавливания.

- Отсутствие в отечественных нормах положений, позволяющих учитывать фактор продольного армирования при определении несущей способности железобетонных плит по критерию продавливания следует признать в качестве значимого недостатка нормирования. Нормы расчета и проектирования железобетонных конструкций требуют совершенствования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Muttoni A.* Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs without Transverse Reinforcement//ACI Structural Journal–2008.С.440-450.

2. *Muttoni A., Schwartz J.* Behavior of Beams and Punching in Slabs without Shear Reinforcement // IABSE Colloquium – 1991. С. 703-708.

3. *Guandalini S., Burdet OL., Muttoni A.* Punching tests of slabs with low reinforcement ratios // ACI Struct Journal – 2009. С. 87-95.

4. *Cervenka V., Cervenka J., Kadlec L.* Model uncertainties in numerical simulations of reinforced concrete structures // Structural Concrete – 2018. С. 1-13.

5. *Cervenka V., Gribniak V.* Uncertainty of the smeared crack model applied to RC beams // Engineering Fracture Mechanics – 2020. С 1-15.

6. *Cervenka V., Jendele L., Cervenka J.* ATENA Program Documentation. Part 1. Theory. М.: Prague Cervenka Consulting,2020.344с.

7. *fib* Model Code for Concrete Structures 2010. fib Lausanne. Ernst&Sohn, Switzerland, 2011.

8. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения, Москва, 2018.

9. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels: CEN, 2004.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА УСИЛЕННЫХ ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Действующие в настоящее время нормативные документы не учитывают нелинейную работу единой системы, состоящей из изгибаемого железобетонного элемента и системы армирования на основе углеродных волокон. Разница между экспериментальными данными и результатами расчетов с учетом физической нелинейности не опускается ниже 20%. Этот запас имеет место быть из-за недостаточно проработанных методик расчета и изученных вопросов.

По результатам анализа методики учета нелинейной работы конструкций [1-4] был сделан вывод о важности учета перераспределения усилий в проектировании. Экспериментально рассчитанная зависимость приведена на рис. 1 [2].

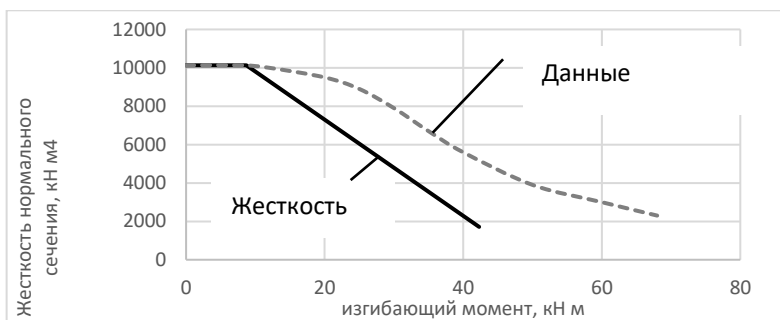


Рис. 1. График изменения жесткости для нормального сечения железобетонного элемента

Используя данную зависимость проведен анализ для пяти пролетной схемы балочного перекрытия. При этом рассмотрен вопрос только усиления балок в пролетной части и отдельно над опорами.

Общая характеристика схемы:

- 5 пролетов по 6 м по x и y;
- узловые опоры, шаг 6х6 м;
- сечение – балок 400х600, плиты – 200 мм.

На рис. 3 представлены фрагменты изгибающих моментов в пролетах 1-3 для различных вариантов жесткости при одинаковом значении нагрузки.

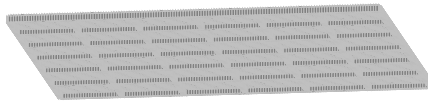


Рис. 2. Общий вид расчетной схемы

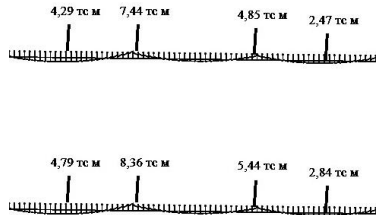


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов в балках перекрытия. а) жесткость рассчитана по [1]; б) жесткость принята по данным экспериментальных исследований

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что разница в полученных значениях находится в пределах 15%.

В то же время при коррекции высоты поперечного сечения балок диапазон изменения значений изгибающих моментов расширяется и составляет 5-20% для данной расчетной схемы.

Методика, используемая на нормативном уровне [1], предполагает значительные коэффициенты резерва несущей способности:

- коэффициент надежности для композиционного материала γ_f . При расчетах по первой группе предельных состояний для углеродных композитов принимается равным 1.2;

- коэффициент условий работы элемента внешнего армирования в зависимости от материала и типа волокон γ_{f1} . Для композиционных материалов на основе углеродных волокон он принимается от 0,8 до 0,95;

- коэффициент условий работы, учитывающий адгезию армирующего элемента к основному материалу γ_{f2} . Это коэффициент зависит от прочности бетонного основания и предельных относительных деформаций внешнего армирования, а также от жесткости усиливающего элемента.

Таким образом, обобщенный коэффициент надежности нормальных сечений изгибаемых элементов составляет более 1,3. По аналогии с отношением предельного момента воспринимаемым нормальным сечением изгибаемого элемента, который был вычислен по методике [1] и получен из результатов экспериментов, можно выделить следующие:

- современные методы расчета нормальных сечений, усиленных внешним армированием, не учитывают ряд факторов, определяющих

работу конструкции. Эти упрощения полностью компенсируются коэффициентами запаса (в некоторых случаях они имеют слишком большие значения);

- расчетный изгибающий момент имеет значение более чем на 20% ниже значения изгибающего момента по данным экспериментальных исследований.

На основании проведенного анализа методики [1], используемой в действующих нормативных документах, и полученных численных расчетов изгибающих моментов для значений жесткости изгибаемых элементов, усиленных внешним армированием, можно сделать следующие выводы:

1. Фактическая величина влияния учета нормального сечения изгибающего элемента, усиленного внешним армированием, с учетом части нагрузки при проведении работ по усилению лежит в пределах 2-10%;

2. Методика расчета нормальных сечений изгибаемых элементов с учетом внешнего армирования, принятая в нормативных документах, показывает реальный запас надежности более 20%;

3. Учитывая вышеизложенные факторы, можно сделать вывод о возможности применения методик [1, 4] для расчета железобетонных статически неопределимых конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мухамедиев Т.А., Кузеванов Д.В.* Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных конструкций, усиленных композиционными материалами. Бетон и железобетонб (6). 2013 с.20-24

2. *Симаков О.А., Фучижки Д.В.* Учет физической нелинейности в изгибаемых железобетонных элементах при усилении системами внешнего армирования, Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов .

3. *Мухамедиев Т.А.* Правила проектирования усиления железобетонных конструкций композиционными материалами // Бетон и железобетон. 2013. №3.

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.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ НАГРУЖЕНИЯ

При аварийных ситуациях, связанных с внезапной потерей несущей способности одного из элементов конструктивной системы здания [1, 2], происходит динамическое догружение сохранившихся конструкций, в которых на момент аварийной ситуации действуют усилия от эксплуатационной нагрузки. Ряд выполненных исследований [3-7] деформирования и разрушения бетона при статико-динамических режимах нагружения позволили выявить количественные и качественные отличия в сопротивлении бетона разрушению в зависимости от режима нагружения. В связи с этим целью данного исследования стало определение параметров, характеризующих деформирование и разрушение фибробетона при статико-динамических режимах нагружения.

В целях исследования были изготовлены 6 стандартных кубиков размерами 100x100x100 мм и 9 призм размерами 70x70x280 мм из фибробетона с содержанием 0,6% фибры.

Для определения фактической прочности фибробетона и корректировки уровней ступенчатого нагружения при статико-динамических режимах нагружения выполнены испытания на квазистатическое сжатие 6 стандартных кубиков на испытательном гидравлическом прессе (рисунок 1) машине Labortech со скоростью $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с.

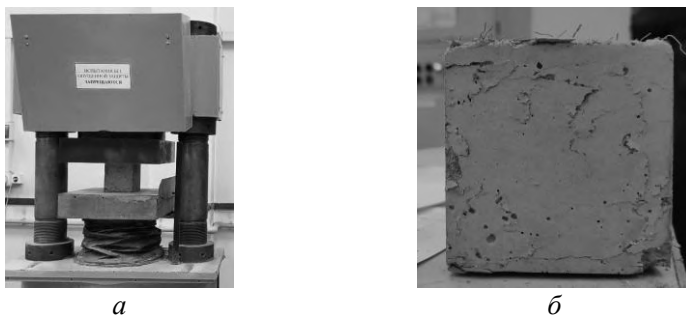


Рис. 1. Испытания стандартных кубиков: а) общий вид гидравлического пресса при испытании образца; б) вид бетонного кубика после испытаний

При статико-динамических режимах нагружения были выполнены испытания 9 фибробетонных призм размерами 70x70x280 мм на оборудовании Labortech (рисунок 2):

- 3 призмы при квазистатическом режиме нагружения со скоростью приращения напряжений $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \varepsilon$ » для однократного кратковременного нагружения;

- 3 призмы при квазистатическом режиме нагружения со скоростью приращения напряжений $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с до $0,6R_{b,n}$ с выдерживанием в течение 2 минут и последующим динамическим догружением со скоростью приращения напряжений $600 \pm 0,2$ Мпа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \varepsilon$ » для статико-динамического нагружения;

- 3 призмы при однократном динамическом нагружении со скоростью приращения напряжений $600 \pm 0,2$ МПа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \varepsilon$ » для однократного динамического нагружения.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний призм при статико-динамических режимах нагружения

σ_{ult} , МПа								
Квазистатическое нагружение			Динамическое нагружение от уровня $0,6R_{b,n}$, заданного квазистатически			Динамическое нагружение		
55,6	56,5	46,2	61,3	60,7	63,1	58,9	52,0	66,5



а



б

Рис. 2. Испытания при статико-динамическом режиме нагружения: а) общий вид испытательной установки; б) общий вид разрушения образца после испытаний

Анализ результатов испытаний показывает, что динамическая прочность образцов, предварительно нагруженных до уровня $0,6R_{b,n}$, в среднем составила 1,16 от их прочности при статическом режиме нагружения и оказалась несколько меньше (в среднем на 15%) их динамической прочности при чисто динамическом режиме нагружения. При достижении в призмах из фибробетона уровня напряжений σ_{ult} не происходило их полного разрушения, характерного для призм из бетона. Это позволяет рассматривать использование фибробетона в качестве в качестве одного из инструментов для обеспечения защиты от прогрессирующего разрушения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *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.
2. *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.
3. *Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б.* Определение параметров статико-динамического деформирования бетона // *Промышленное и гражданское строительство*. 2020. №1 – С. 4-11.
4. *Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б.* Экспериментальное определение параметров статико-динамического деформирования бетона при режимном нагружении // *Строительство и реконструкция*. 2020;(3):72-81. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-89-3-72-81>
5. *Федорова Н.В., Ильющенко Т.А., Медянкин М.Д., Инсафутдинов А.Р.* Особенности динамических догрузений железобетонных элементов конструктивных систем при гипотетическом удалении одной из несущих конструкций и трещинообразовании // *Строительство и реконструкция*. 2019; (2):72-80. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-82-2-72-80>.
6. *Fedorova N., Vu Ngoc Tuyen.* Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions // *IOP Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*. Volume 1425, 1, 012033
7. *Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А.* Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974.–316 с.

ПРОЧНОСТЬ МОНОЛИТНЫХ БАЛОК ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ ОСТАТОЧНЫХ ТРЕЩИН В СЖАТОЙ ЗОНЕ

Во время землетрясений в железобетонных конструкциях зданий и сооружений развиваются пластических деформации, которые в свою очередь приводят к возникновению остаточных трещин, не смыкающихся при смене знака усилия, и к снижению их несущей способности на последующих циклах нагружения [1-5]. В предложен приближенный метод определения глубины несомкнутой трещины при знакопеременных воздействиях [6] в изгибаемых элементах прямоугольного сечения в зависимости от коэффициента пластичности по деформациям арматуры в первом полуцикле нагружения. Предложенные в [1] формулы были модифицированы для расчета тавровых сечений железобетонных элементов.

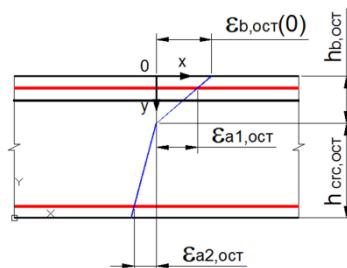
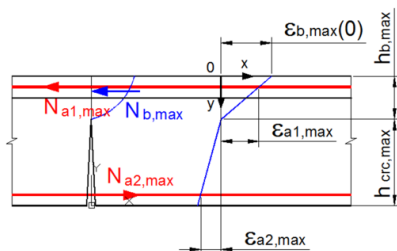


Рис. 3. Первый цикл нагружения сечения. Рис. 4. Разгрузка сечения в первом цикле.

Рассматривались три этапа работы конструкции.

На первом этапе рассматривалось напряженно-деформированное состояние изгибаемого элемента в момент достижения максимального прогиба в первом цикле.

Для простоты вычислений работа растянутого бетона не учитывалась. Предполагалось, что деформации сечения (и их любые приращения) подчиняются гипотезе билинейных сечений (рис.1). Высота сжатой зоны $h_{b,max}$ определялась из условия равновесия всех сил на продольную ось элемента:

$$N_b + N_{a1} + N_{a2} = 0,$$

где N_{a1} – усилие в сжатой арматуре, N_{a2} – усилие в растянутой арматуре, N_b – усилие в сжатой зоне бетона, которое определялось путем

интегрирования напряжений по высоте сжатой зоны в зависимости от положения нейтральной оси: в полке или в ребре.

На втором этапе рассматривалось напряженно-деформированное состояние сечения в момент окончания разгрузки в первом цикле. 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). 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. Деформации при разгрузке и их приращения также подчиняются гипотезе билинейных сечений (рис. 2).

На третьем этапе рассматривался момент начала раскрытия трещины при нагружении обратного знака. Предполагалось, что дальнейшее деформирование сечения приведет к возникновению напряжений, достаточных для надежного смыкания берегов остаточной трещины в сжатой зоне бетона.

В момент начала раскрытия трещины в растянутой зоне деформации растянутого бетона достигают предельного значения. Предполагалось, что вершина несомкнутой трещины лежит в слоях, которые на предыдущем полупериоде испытывали только растяжение. В этом случае бетон сжатой зоны включится в работу, когда будут скомпенсированы остаточные растягивающие деформации (рис. 3).

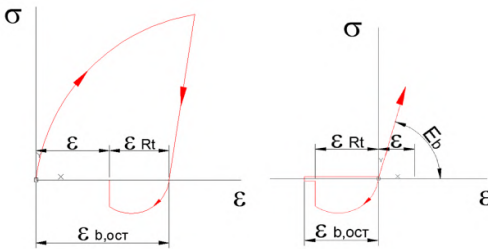


Рис. 3. Диаграммы σ - ε сжатого и растянутого бетона при смене знака усилий.

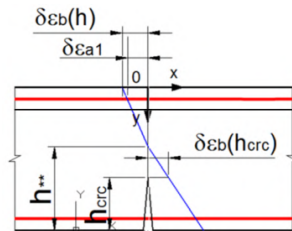


Рис. 4. Нагружение обратного знака.

Предполагалось, что приращение деформаций происходит относительно некоторого мгновенного положения нейтральной оси h^{**} (рис. 4), которое можно определить из уравнения равновесия всех сил на горизонтальную ось в приращениях:

$$\delta N_b + \delta N_{bt} + \delta N_{a1} + \delta N_{a2} = 0,$$

На основе данного метода проведены расчеты железобетонных балок таврового сечения с различной шириной свеса полок и различными коэффициентами армирования. На рис.5 представлено отношение глубины остаточной трещины в сжатой зоне бетона к высоте сечения

h_{cr}/h в зависимости от коэффициента пластичности по деформациям арматуры для балки таврового сечения, высотой 0.6 м, с шириной полки 1,0 м, шириной ребра 0.3 м, высотой полки 0,2 м из бетона класса В25, с арматурой класса А500 при различных коэффициентах армирования.

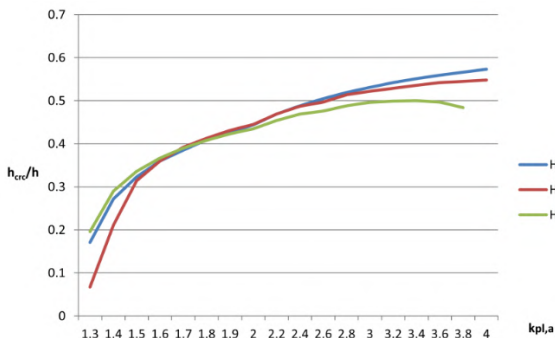


Рис. 5.
Зависимость (h_{cr}/h) от коэффициента пластичности в первом цикле нагружения: синий – коэффициент армирования 0,183%; красный – 0,374%; зеленый – 0,584%.

Предложенный метод дает возможность оценить глубину остаточных трещин в сжатой зоне бетона изгибаемых элементов таврового сечения при малоцикловых знакопеременных воздействиях большой интенсивности типа сейсмических.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курнавина С.О. Цацулин И.В. Влияние пластических деформаций на высоту несомкнутой остаточной трещины в сжатой зоне бетона// Строительство и реконструкция. – 2020, №5 (91). С 13...21.
2. Курнавина С.О. Грачев А.Н. Критерий образования сквозных трещин при циклическом изгибе железобетонных конструкций // Строительство и реконструкция. – 2018, №5 (79). С 24...31.
3. Жарницкий В. И. Курнавина С.О. Колганов А.А. Механизм разрушения железобетонных балок по наклонным сечениям при действии особых нагрузок// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. №2. С 150...155.
4. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*.
5. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий: (Основы теории сейсмостойкости). М.:Вышш. Шк., 1983. – 304 с.
6. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ СПОСОБОВ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ОДНОСТОРОННИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АППЛИКАЦИЙ

Каменные конструкции являются одним из древнейших традиционных материалов, широко применяемых в строительстве зданий различного назначения. В последние годы объем производимого кирпича в Российской Федерации не опускается ниже 10 млрд штук в год. В большом объеме ведется строительство зданий из кирпича и в сейсмических районах нашей страны.

Кирпичная кладка хорошо работает на действия сжимающих усилий и значительно хуже воспринимает растягивающие, сдвигающие и изгибные усилия. В отличие от обычных условий работы кладки, когда она, в основном, воспринимает статически действующие сжимающие нагрузки с небольшими эксцентриситетами, при сейсмических воздействиях в кладке стен возникают разнообразные сочетания динамических нагрузок (в том числе вызывающие изгиб, сдвиг и растяжение).

Повышение сейсмостойкости каменных зданий путем устройства железобетонной аппликации (рисунок 1) обеспечивается за счет включения в работу аппликации совместно с существующими конструкциями здания. Включение в работу монолитных железобетонных аппликаций происходит только при сейсмических воздействиях на дополнительную нагрузку к воспринимаемой статической нагрузке.

Наружные аппликации повышают сейсмостойкость каменных зданий при работе по двум схемам: монолитные железобетонные аппликации,

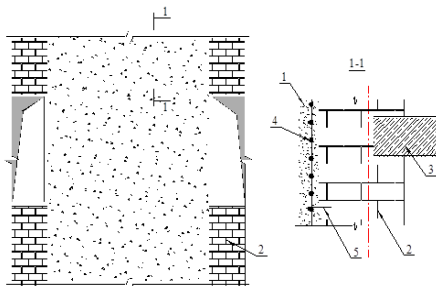


Рисунок 1. Конструктивное решение усиления стен из каменной кладки железобетонными аппликациями:
1 - железобетонная аппликация; 2 - усиливаемая стена из каменной кладки;
3 - плиты перекрытия; 4 - арматурная сетка; 5 - металлический анкер.

усиливающие стены параллельные плоскости аппликации и аппликации, усиливающие стены, перпендикулярные основной плоскости аппликации.

Метод торкретирования широко распространен в мире уже длительное время. В последние годы было проведено ряд исследований доказывающих возможность повышения несущей способности стен усиленных торкрет-бетоном при действии горизонтальных нагрузок до 3-х раз.

Состав работ:

- установка арматуры (металлическая сетка, при использовании фибры сетка не ставится), крепление дюбелями;
- продувка, промывка поверхности;
- обильное увлажнение поверхности;
- нанесение торкрет-бетона;
- уход за торкрет-бетоном.

Недостатки: изменения архитектуры фасадов здания; требуется предварительная обработка поверхности; требуется специальное механизированное оборудование.

Достоинства: надежность; легкость и простота нанесения; существенное сокращение сроков производства работ.

Армированная штукатурная обойма принципиально отличается от торкрет-бетона методикой нанесения и характером работы.

Недостатки:

- изменения архитектуры фасадов здания;
- требуется предварительная обработка поверхности;
- меньшая энергоемкость по сравнению с торкрет-бетонными

аппликациями;

Достоинства:

- простота нанесения;
- низкая стоимость;

Методика армирования с использованием ФАП (фибро армированный пластик).представляет собой внешнее армирование каменной конструкции, при котором внешняя арматура выполнена из пластика.

Недостатки:

- изменения архитектуры фасадов здания;
- требуется предварительная обработка поверхности;
- высокая стоимость.

Достоинства:

- практически не повышает собственный вес конструкции;
- наилучшие показатели работы при экстремальных температурах и высоких силовых воздействиях.

Проанализировав результаты испытаний [1-5] усиления различными методами каменной кладки, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным методом является усиление стен железобетонными аппликациями методом торкретирования, основными преимуществами которого являются:

- использование торкрет-бетона позволяет повысить несущую способность существующих каменных конструкций (увеличение предельной нагрузки по сравнению с эталонным образцом в 6-25 раз);
- различные варианты предварительной обработки поверхности кладки (насыщение водой, нанесение эпоксидного клея) не оказывают существенного влияния на предельную нагрузку;
- торкрет-бетонные аппликации, армированные сеткой придают образцу более пластичный характер разрушения.
- позволяет повысить сейсмостойкость существующего здания без вывода его из эксплуатации.

Отдельного исследования требует вопрос усиления при сосредоточенных нагрузках и высокотемпературных воздействиях [6-7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Поляков С.В.* Сейсмостойкие конструкции зданий (основы теории сейсмо-стойкости). - М.: 1983. – 304 с.
2. *Сафаргалиев С. М.* Сейсмостойкие каменные конструкции. – Алма-Ата: 1992.-236 с.
3. *Коноводченко В. И.* Усиление стен кирпичных зданий для повышения их сейсмостойкости // Сейсмостойкость крупнопанельных и каменных зданий. - М.: 1967. - С. 180-186. трудов под ред. Латушкина С. Н., Малофеева Ю. В. - М.: 26 ЦНИИ, 2007. С. 105-116..
4. *Поляков С.В.* Исследования по сейсмостойкости крупнопанельных и ка-менных зданий. - М.: 1962. – 289 с.
5. *Кожаринов С. В.* Исследование деформаций кирпичной кладки при действии горизонтальных нагрузок // Динамика и сейсмостойкость зданий и сооружений/ Сб. ИССС АН ТаджССР. - Душанбе: 1980 г.- С. 127-134.
6. *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.
7. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.

ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ РАСЧЕТЕ НА ОСНОВЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В нормативных документах по проектированию железобетонных элементов несущих систем зданий и сооружений [1] приведены требования о необходимости учета физической нелинейности (неупругих деформаций бетона и арматуры), возможного образования трещин и в необходимых случаях - анизотропии, накопления повреждений и геометрической нелинейности [2] (влияние деформаций на изменение усилий в конструкциях). Выполнение расчетов с учетом этих требований осуществляется с использованием современных программных комплексах в детерминированной постановке, когда величины, направления и скорости приложения воздействий, а также параметры материалов и структура сечений конструктивных элементов (применительно к железобетону и другим композиционным материалам) считаются вполне определенными. Такая постановка задачи является достаточно эффективной при расчете изгибаемых железобетонных элементов [3], для которых характер нагружения и деформирования согласуются с допущением о детерминированности основных параметров. Однако для внецентренно сжатых элементов, для которых возможно исчерпание несущей способности в связи с потерей устойчивости, необходимо учитывать случайные по своей физической природе и направлению малые возмущения (силовые, кинематические, температурные и др.) [4-5], что создает определенные сложности при расчете пространственных каркасов зданий. В связи с этим данная работа направлена на исследование влияния одного из параметров случайных возмущений – структуры сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов [6].

В целях исследования был рассмотрен железобетонный каркас многоэтажного жилого здания (рисунок 1), относящегося к категории КС-2 по ГОСТ 27751-2014, для которого с использованием программного комплекса Лира-САПР был выполнен статический расчет по первой и второй группам предельным состояний и подобрано армирование. На основании результатов такого расчета была создана КЭ модель каркаса с учетом физической и геометрической (зависимость усилий от деформаций) нелинейности, в которой отдельным внецентренно сжатым элементам (угловая колонна, колонна крайнего ряда, колонна среднего ряда) были заданы несовершенства структуры

поперечных сечений – смещение одного из стержней рабочей арматуры относительно его проектного положения. Структура сечения по проекту и при наличии несовершенства приведена на рисунке 2.



Рис. 1. Общий вид железобетонной несущей системы многоэтажного жилого здания

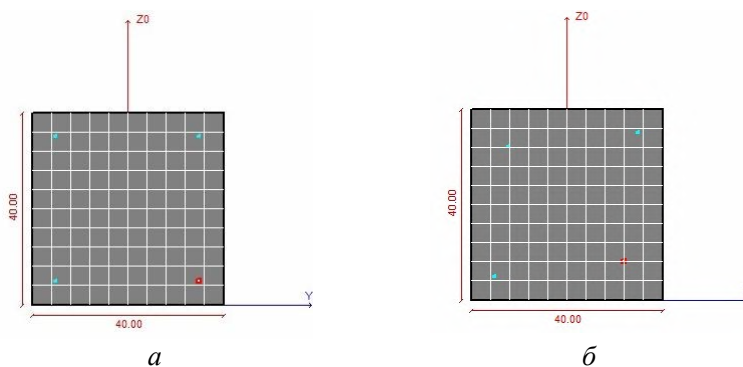


Рис. 2. Структура сечения внецентренно сжатого элемента: а) по проекту; б) со смещением стержня рабочей арматуры относительно проектного положения

Основные результаты расчетного анализа для КЭ моделей с проектным армированием и с отклонением от проекта сведены в таблицу 1.

Сопоставление усилий в колоннах среднего ряда при различной структуре их сечений показало незначительные изменения в их напряженно-деформированном состоянии. Однако были обнаружены изменения в соотношении между изгибающими моментами в наиболее нагруженных сечениях элементов. Дальнейшие исследования будут

направлены на изучение влияния несовершенств структуры сечений на деформирование и разрушение угловых колонн и колонн крайних рядов.

Таблица 1

Результаты расчета железобетонной несущей системы здания со структурой сечений внецентренно сжатых элементов по проекту и с отклонением о него

Колонна среднего ряда на последнем этаже						
	N	MX	MY	QZ	MZ	QY
Правильное армирование	-256.51	-0.0357	-15.113	-9.499	-79.39	59.76
При смещении стержня	-256.13	-0.0328	-14.909	-9.379	-73.40	58.47
Колонна среднего ряда на первом этаже						
	N	MX	MY	QZ	MZ	QY
Правильное армирование	-2941.5	-0.0876	6.362	3.383	3.617	1.013
При смещении стержня	-2942.8	-0.0887	5.236	3.354	3.890	1.012

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1)
2. *Hany A. KottbNasser F. El-Shafey* Behavior of high strength concrete columns undereccentric loads
3. *Евсеев Н.А.*, Учет физической нелинейности железобетонных конструкций при численных расчетах конструктивных систем // Вестник гражданских инженеров, 2017 №5(64).
4. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. *Procedia Engineering* (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.
5. *Колчунов В.И., Федорова Н.В., Савин С.Ю., Ковалев В.В., Ильющенко Т.А.* Моделирование разрушения железобетонного каркаса многоэтажного здания с предварительно напряженными ригелями // Инженерно-строительный журнал. 2019. № 8(92). С. 155–162. DOI: 10.18720/MCE.92.13
6. *E.A. Rodriguesa .L. M* Failure behavior modeling of slender reinforced concrete columns subjected to eccentric load

СЕКЦИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ГРАФИКИ

Студентки 1 курса 15 группы ИИЭСМ Бодрова А.Д., Выросткова А.С.
Научный руководитель- преподаватель кафедры НГиГ *Е.А. Гусарова*

ОПТИЧЕСКИЕ ИЛЛЮЗИИ В ГЕОМЕТРИИ

Зрение-очень важная способность человека, осуществляемая зрительной системой.возможность видеть для человека –окно в мир. Многие понимают, что 90% информации человек имеет при помощи зрения. Вообще, орган зрения- является уникальным, интересным и сложным образованием, только не всё, что мы видим соответствует реальности.,

Почему происходит зрительная иллюзия?

Само слово «иллюзия» берёт своё начало от латинского «illudere», и означает «обманывать».

Оптическая иллюзия - это как бы сбой в обычной оценке увиденного, такое неверное восприятие происходит при случайном или умышленном создании определённых условий, при которых человек неверно оценивает созерцаемое. Кажущиеся величины, например, длины каких-то объектов или просто прямых линий, расстояния между предметами, конфигурации предметов, определение величин углов и т.д. являются ошибочными, благодаря оптическим иллюзиям. Именно на этот вопрос мы постарались ответить в нашей работе. «Наш мозг очень сложный инструмент и порой он тоже дает сбой, поэтому не всегда стоит полностью доверять тому, что ты видишь. Иллюзия - это искажение свойств объекта. Иллюзии с давних времён воспринимались как как ошибки в работе зрительной системы.Давайтерассмотрим некоторые занимательные геометрические изображения, в которых кроется загадка –иллюзия (обман), с так называемыми «Невозможными фигурами". Существует даже особая форма графики, где художники изображают объекты, которые кажутся нам реальными на бумаге, но которые не могутсуществовать в реальном мире. (рис1а,b,c).

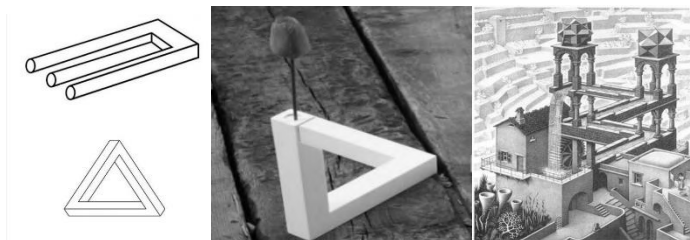


Рис.1(а,b,c).(Оптико-геометрические иллюзии)

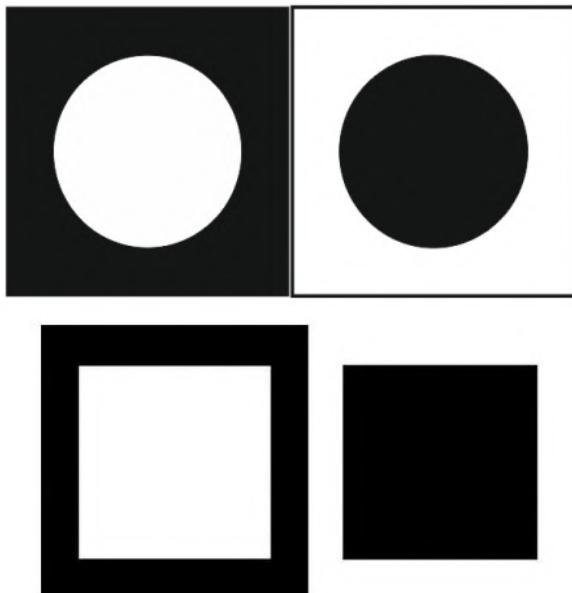


Рис.2 (a,b). (Эффект иррадиации)

Существует также некий эффект иррадиации(рис.2a,b).Он представляет собой впечатление, того, что на Светлые предметы тёмном фоне кажутся крупнее своих истинных размеров и как бы захватывают часть тёмного фона.

Рассмотрим ещё два примера геометрических иллюзий (Рис.3 a,b) Эти «пересекающиеся» окружности на самом деле идеально круглые и даже не соприкасаются друг с другом (рис.3a). А вот надругом изображении нам кажется, что две горизонтальные прямые вогнутые, при том, что они параллельны друг другу (рис. 3b).

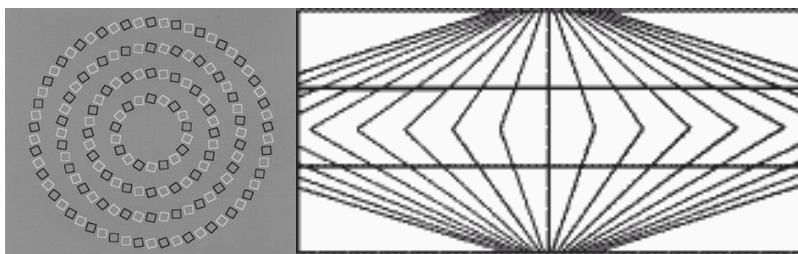


Рис.3 (a,b).

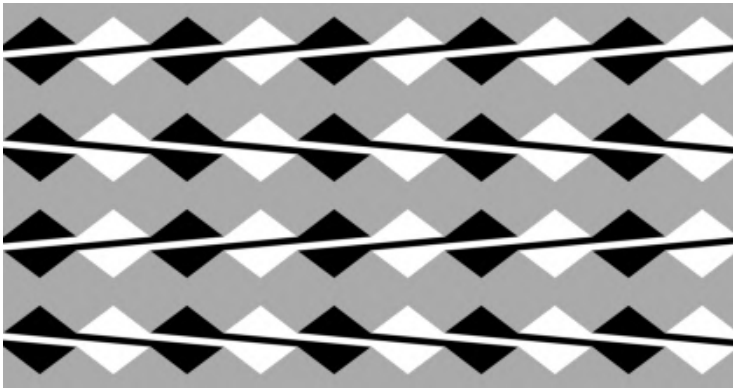


Рис.4.

А на этом изображении зрителю кажется, будто каждая из 4 прямых имеет свой угол наклона, на самом деле все 4 прямые параллельны (рис.4).

На основе этих примеров оптико-геометрической иллюзии мы провели опрос, чтобы выявить их «эффективность». По результатам опроса, большинство людей «поддаются» оптико-графическим иллюзиям. Во время подготовки этой статьи нами было просмотрено немало учебников и научных публикаций на данную тему, также учебные пособия по физике. Использовали интернет и многое узнали об этом интересном явлении-геометрические иллюзии.

Мы проанализировали, насколько может быть обманчиво человеческое зрение и обнаружили, что действительно существует такой интересный эффект-оптический обман, который возможно использовать в различных аспектах человеческой жизни. В частности, в архитектуре и строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. С. Толанский, «Оптические иллюзии». — М.: Мир, 1967г.
2. Г.И. Косоуров «Не верь глазам своим» //Квант-1970.-№10.
3. Г.Я. Мякишев – учебник по физике для 10-11 классов
4. Гальперин П.Я. Новая усиленная форма фигуры Поггендорфа (к теории оптико-геометрических иллюзий).
5. Живцова«Геометрические иллюзии». Сборник Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016г.

СЛЕДЫ ОДНОПОЛОСТНОГО И ДВУПОЛОСТНОГО ГИПЕРБОЛОИДОВ

Каноническое уравнение однополостного гиперboloида имеет вид:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1;$$

двуполостного:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = -1.$$

Гиперboloиды с вышеприведенными уравнениями располагаются так, что их центры совпадают с началом координат, а вертикальные оси совпадают с осью OZ.

При этом в случае $a=b$ получаются гиперboloиды вращения.

Однополостной гиперboloид вращения получается при вращении гиперболы вокруг ее мнимой оси, двуполостной — при вращении относительно действительной оси.

Следами гиперboloидов будем называть пересечение этой поверхности с плоскостями проекций.

Если рассматривать уравнение следа в той или иной плоскости проекций для вышеуказанных гиперboloидов, то можно заметить, что его можно получить приравниванием нулю соответствующей координаты. Например, уравнение фронтального следа однополостного гиперboloида в координатах x и z описывает гиперболу, так как имеет следующий вид:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1;$$

Аналогично, уравнение горизонтального следа однополостного гиперboloида в координатах x , y описывает эллипс.

Однако, уравнение горизонтального следа двуполостного гиперboloида описывает мнимый эллипс, и не имеет действительных точек, чем и объясняется относительная бедность следов этой поверхности.

Однако, если гиперboloид повернуть на некий угол относительно любой оси (не обязательно координатной и не обязательно оси симметрии), и еще при этом переместить относительно центра на некоторое расстояние вдоль выбранного вектора, то как фронтальный, так и горизонтальный следы могут измениться на любую из известных коник (в том числе и вырожденную).

Однополостной и двуполостной гиперboloиды как поверхности второго порядка имеют как общие черты, так и отличительные

особенности. Общими являются то, что эти поверхности в качестве асимптоты имеют коническую поверхность (но приближаются к ней с разных сторон), а также то, что оба этих вида гиперboloидов могут быть поверхностями вращения при подходящем подборе коэффициентов в их канонических уравнениях.

Отличительными особенностями однополостного гиперboloида (по сравнению с двуполостным) является его линейчатость, однокомпонентность, и отрицательная гауссова кривизна (при попытке развернуть на плоскость любой его фрагмент неизбежно появляются складки). Двуполостной гиперboloид является нелинейчатой поверхностью, состоит из двух компонент, и имеет положительную гауссову кривизну (при попытке развертывания в плоскости появляются разрывы).

Если переходить к следам, то при пересечении этих поверхностей с плоскостями проекций тоже имеются особенности. Однополостной гиперboloид всегда имеет три следа, причем этими следами могут быть эллипсы, гиперболы, параболы, пары пересекающихся прямых, и пары параллельных прямых. Двуполостной гиперboloид может не иметь всех трех следов, он может в некоторых случаях вообще не иметь ни одного следа, а если следы и имеются, то по форме они могут быть только эллипсами, гиперболами или параболлами.

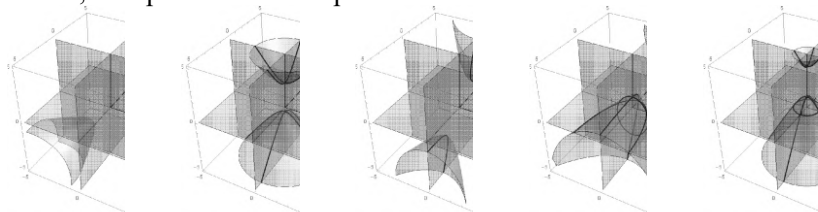


Рис.1 Варианты следов двуполостного гиперboloида

На рисунке 1 показаны варианты следов двуполостного гиперboloида, среди которых можно увидеть и нулевые следы, и однотипные, и разнотипные кривые.

Рассмотрим следы однополостного гиперboloида. Большинство из таких следов получается небольшим изменением следов соответствующего асимптотического конуса. Если вершина этого конуса принадлежит плоскости проекций или координатной оси, и следом конуса для плоскости является точка, то в случае однополостного гиперboloида вместо точки в качестве соответствующего следа появляется окружность или эллипс.

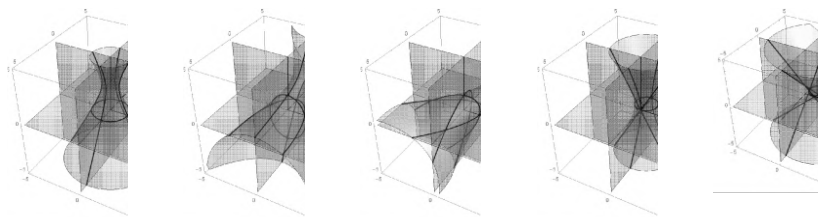


Рис.2 Варианты следов однополостного гиперboloида

Отдельного исследования заслуживает вопрос о реконструкции поверхности гиперboloидов по ее следам. В некоторых случаях это возможно сделать, иногда нет. Например, невозможно восстановить поверхность двуполостного гиперboloида в случае отсутствия следов или наличия только одного следа. Для однополостного гиперboloида вопрос можно переформулировать иначе — возможно ли восстановить квадрику по трем коникам? Современные исследования показывают, что это можно сделать почти всегда [6].

Вывод. Однополостной гиперboloид обладает наибольшим разнообразием следов, и даже превосходит в этом отношении коническую поверхность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *С.Н. Кривошапко, В.Н.Иванов.* Энциклопедия аналитических поверхностей, М., Изд-во "ЛИБРОКОМ", 2019, 556 с.
2. *Г.Корн, Т.Корн.* Справочник по математике для научных работников и инженеров, М., "Наука", 1974, 832 с.
3. Математическая энциклопедия в 5 томах. Под редакцией *Виноградова, М.*, "Советская энциклопедия", 1977-1985гг., Т.2, С.1065-1066.
4. *Короев Ю.И.* Начертательная геометрия. Учебник для ВУЗов. М.: Архитектура-С, 2007, 422 с.
5. *Постников М.М.* Лекции по геометрии. Семестр 1. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1973, 755 с.
6. *Волошинов Д.В.* Алгоритмический комплекс для решения задач с квадриками с применением мнимых геометрических образов [Текст]/Д.В.Волошинов//Геометрия и графика. — 2020. — Т.8. — №2, С. 3—32. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-3-32

Студент 1 курса 63 группы ИСА **Веселова Д.А.**

Научный руководитель-доц., канд. техн. наук, доц. **Т.М. Кондратьева**

ГЕОМЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ

В земле иногда находят камни такой формы, как будто их кто-то тщательно выпиливал, шлифовал, полировал. Это - многогранники с плоскими гранями, с прямыми ребрами. Вот эти-то камни с природной, то есть не сделанной руками человека, правильной, симметричной формы и называются кристаллами. Кристаллы, залегающие в земле, бесконечно разнообразны. Размеры природных многогранников достигают подчас человеческого роста и более. Встречаются кристаллы - лепестки, тоньше тетрадного листа бумаги и кристаллы - пласты в несколько метров толщиной. Почти везде, куда не посмотреть, взгляд падает на кристаллические структуры. Решетка кристалла выражает принцип математического совершенства. Каждая такая решетка характеризуется своим спектром резонанса, свойственными только ей углами, длинами. Разберемся в понятии кристаллов и их строении.

Кристаллы — это все твердые тела, имеющие форму многогранника, возникающую в результате упорядоченного расположения атомов. Следует разделять идеальный и реальный кристалл.

Идеальный кристалл- математический объект, имеющий полную, свойственную ему симметрию, идеализированно ровные гладкие грани и т. д. (в дальнейшем речь будет идти про идеальные кристаллы). Реальный кристалл всегда содержит различные дефекты внутренней структуры решетки, искажения и неровности на гранях и имеет пониженную симметрию многогранника. Формы кристаллов представляют собой многогранники (Рис.1). Изучением особенностей строения кристаллов занимается наука кристаллография.

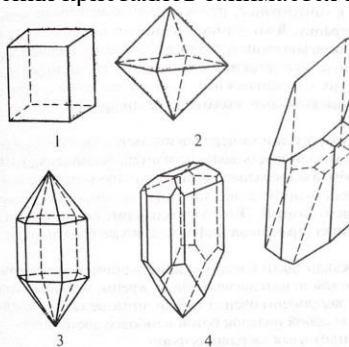


Рис.1

Кристаллы

некоторых минералов

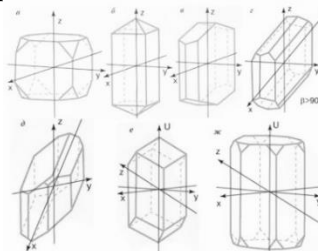


Рис.2

Кристаллографические сингонии

Рассмотрим строение кристалла с точки зрения геометрии:

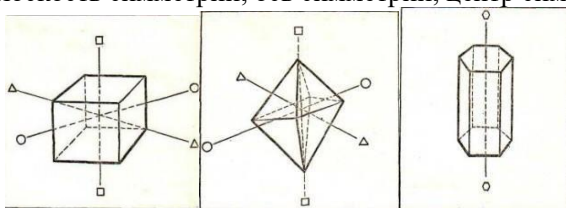
- в каждом кристалле присутствуют грани, рёбра и вершины.

- линии, разделяющие грани, образуют рёбра.
- угловая точка, в которой пересекаются несколько граней, представляет вершину кристалла.

- центральной математической идеей всей кристаллографии является симметрия кристалла

По выражению известного русского кристаллографа Евграфа Степановича Фёдорова (1853-1919), кристаллы блещут симметрией.

Действительно, в кристаллах можно найти различные элементы симметрии: плоскость симметрии, ось симметрии, центр симметрии.



Простейшие кристаллические формы:

рис.3 Куб; рис.4 Октаэдр; рис.5 Гексагональная призма

Рассмотрим симметрию некоторых простейших кристаллических форм. Кристаллы в форме куба (NaCl, др.) имеют девять плоскостей

симметрии, три из которых проходят параллельно граням куба, а шесть – по диагоналям. Кроме того, куб имеет центр симметрии (рис.3). Кристаллы алмаза, калиевых квасцов имеют форму октаэдров. Октаэдры обладают такими же элементами симметрии, что и кубы (рис.4). У кристаллов магнезита, имеющих форму гексагональной призмы (призма, опирающаяся на правильный шестиугольник), 6 плоскостей симметрии, одна ось симметрии (рис.5). Делаем вывод: различные кристаллы отличаются большей или меньшей симметричностью. Она является их важнейшим и специфическим свойством, отражающим закономерность внутреннего строения.

В настоящее время известен закон, связывающий химический состав и кристаллическую симметрию – закон Федорова—Грота, который гласит: простому химическому составу вещества соответствует высокая симметрия его кристаллов. Чем сложнее состав, тем обычно ниже симметрия.

В зависимости от системы координат кристаллографические группы симметрии кристаллов и кристаллические решетки классифицируют – разделяют на сингонии (рис.2); группы симметрии с единой координатной системой объединяются в одну сингонию. Кристаллы, принадлежащие к одной и той же сингонии, имеют подобные углы и рёбра элементарных ячеек.

Исторически первой классификацией кристаллов было деление на сингонии, в зависимости от кристаллографической системы координат.

За координатные оси выбирались оси симметрии кристалла, а при их отсутствии — ребра кристалла. В свете современного знания о структуре кристаллов, таким направлениям соответствуют трансляции кристаллической решётки, и за систему координат выбираются трансляции ячейки Браве. В зависимости от соотношения между длинами этих трансляций и углами между ними выделяют шесть различных сингоний, которые распадаются на три категории в зависимости от числа равных длин трансляций:

- * Низшая категория (все трансляции не равны друг другу)
 - * Триклинная: $a \neq b \neq c \neq \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
 - * Моноклинная: $a \neq b \neq c \alpha = \gamma = 90^\circ \beta \neq 90^\circ$
 - * Ромбическая: $a \neq b \neq c \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- * Средняя категория (две трансляции из трёх равны между собой)
 - * Тетрагональная : $a = b \neq c \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 - * Гексагональная: $a = b \neq c \alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$
 - * Тригональная
- * Высшая категория (все трансляции равны между собой)
 - * Кубическая: $a = b = c \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Математическим путём было доказано что в кристаллах существует 32 вида симметрии, и только после вывода 32 видов симметрии появилась надежная основа для создания геометрического учение о внешней форме кристаллов.

Таким образом, многие формы многогранников придумали не люди - их создала сама природа.

Существует огромное количество разнообразных форм кристаллов и все они обладают симметрией.

Различные кристаллы имеют форму и кристаллическую решетку в виде правильных многогранников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаскольская М.П. Кристаллы ,1985.208 с.
2. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия, 2005г
3. Неаполитанский С.М., Матвеев С.А.Сакральная геометрия,2006г.217-218
4. «Большая советская энциклопедия» (Симметрия кристаллов//Сингония кристаллографическая).
5. Новоселов К.Л. Основы геометрической кристаллографии : учебное пособие /К.Л. Новоселов ; Томский политехнический университет. – Томск :Изд-во Томского политехнического университета, 2015 – 73 с.

Студентка 1 курса 53 группы ИСА Видякина С. А.

Научный руководитель - доц., канд. арх., доц. А. А. Фаткуллина

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В АРХИТЕКТУРЕ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА И ФРАКТАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

В настоящее время в системах транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) станций метрополитена города Москвы актуально такое явление, как плотные скопления людей. В большинстве случаев во время час-пика пассажиропоток значительно снижает темп своего перемещения. Станция московского метрополитена «Парк Культуры» не является исключением. На данный момент будет крайне актуально внести изменения в концепции работы ТПУ, тем самым увеличив пропускную способность пересадочных станций.

Для того чтобы увеличить пропускную способность, чаще всего предлагается интенсивный путь развития: увеличение площади пересадочных станций (метрополитен, вокзалы, подземные переходы) и тоннелей для того, чтобы добавить эскалаторы, лестницы и прочие средства для перемещения пассажиропотока. Эта концепция не всегда является рациональным путем, потому что, зачастую, в случаях ее выполнения возникают сложности юридического характера, в том числе одна из проблем - это существование строений в местах, где собирались бы проводиться работы. Еще одной значимой проблемой в идее этой концепции являются большие материальные затраты.

Для того, чтобы ориентироваться в предложенной далее методике решения поставленной проблемы, необходимо связать между собой несколько понятий, явлений и факторов. В первую очередь, важно заметить, что люди, находясь в передвигающемся потоке, в логике своих перемещений имеют очень сложную, не однообразную структуру. Если рассматривать человека за единицу от всей системы пассажиропотока, очевидно, что движения этой единицы будут хаотичны, и предугадать их в дальнейшем будет очень трудно. В природе существует такое явление, как хаотическая синхронизация, при которой все, даже хаотические подсистемы могут при определенных условиях связываться с другими ближайшими системами и начинают двигаться в одном ритме, синхронно. Отсюда и складывается поток, в данном случае пассажиропоток.

Существует мнение о том, что движение пассажиропотока (системы хаотических частиц, как было описано выше) это неуправляемый хаос. На самом же деле, сама хаотичность этих систем и делает их особенно уязвимыми к управлению.

Допустим, существует некий поток хаотических единиц, движущийся в определенном направлении (например, толпа, идущая к выходу из метро). Предлагается ставить с одной стороны барьеры, которые будут немного корректировать движение потока, изменяя его траекторию на 15-20 градусов. Тем самым доказывается, что при изменении параметра системы (угла

траектории) происходит значительная коррекция движения хаотического потока.

Важным аспектом в этом исследовании является фрактальность. Фракталы представляют собой множество, которое обладает свойством самоподобия, и если выражать его в виде рекурсивной функции, функция будет обращаться сама к себе и части фрактала не обязательно будут являться уменьшенной копией целого. Оно достигается итерационным путем, то есть систематическим изменением одного из параметров в функции фрактала. Чаще всего в составлении новых геометрических фракталов, этим параметром избирается градусная мера углов или длина отрезка. Для примера можно рассмотреть фракталы Геора Кантора под названием «Пыль Кантора» и «Дерево Пифагора» Босмана.

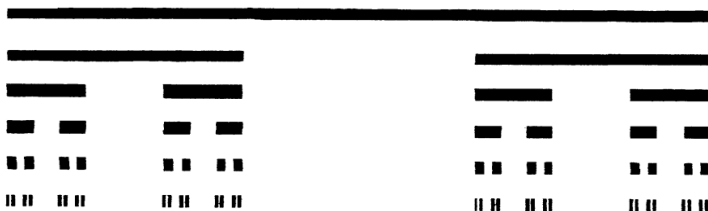


Рис. 1 Фрактал «Пыль Кантора»

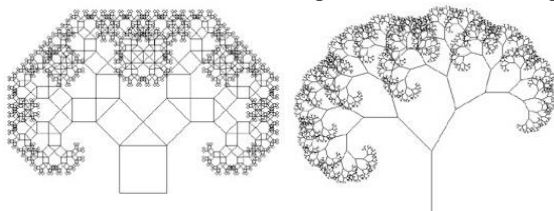


Рис. 2 Фрактал «Дерево Пифагора»

За основу концепции фрактала Кантора взято систематическое итерирование прямой (на простом примере - отрезка), которое состоит из удаления центральной трети отрезка и после этого - повторения того же самого действия с оставшимися отрезками. Этот фрактал также можно попробовать использовать в составлении схемы для регулирования траектории движения пассажиропотока.

Во фрактале «Дерево Пифагора» используется отличный от предыдущего метод итерирования. Суть итераций заключается в том, что каждая тройка соприкасающихся квадратов включает прямоугольный треугольник. В данном фрактале можно изменить один из параметров, а именно квадраты. Взять за основу не их, а прямые. Благодаря этому методу становится более наглядным график, получаемый из этого фрактала, и, исходя из этого, процесс сопоставления траектории движения пассажиропотока с «Деревом Пифагора» становится удобнее.

Фракталы и хаос связываются между собой и образуют единое хаотическое множество наподобие аттракта, который, в свою очередь, представляет собой геометрическую структуру, характеризующуюся поведением в фазовом пространстве по прошествии длительного времени. Для обобщения вышесказанной концепции приведу цитату физика Фримен Дэйсона «Фрактальная геометрия — это геометрия хаоса».

Для решения поставленной проблемы предлагается следующая концепция: пассажиропоток сравнивается со структурой аттракта, а станция московского метрополитена «Парк Культуры» сравнивается с фазовым пространством. Далее строится линейный алгоритм движения пассажиропотока (аттракта), состоящий из множества людей, которые в свою очередь создают своим передвижением кривые маршрута (фракталы). На базе исследования строится модель-анализ движения пассажиропотока в определенные часы. Далее же для организации пассажиропотоков предлагаются наиболее рациональные (исходя из исследования) фрактальные схемы.

При анализе эффективности данного метода серьезным ограничением исследования является невозможность натурального эксперимента при наличии текущих проблем: карантинные меры в связи с обострением эпидемиологической ситуации, а также отсутствие согласования с соответствующими службами метрополитена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кабалина Т. В.* Моделирование пассажирских перевозок городским общественным транспортом/ автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.13. 2013 – 22 с.

2. *Пайтген Х. О., Рихтер П. Х.* Красота фракталов Мир 1993 – 176 с.

3. *Дмитриев А.* Хаос, фракталы и информация// Журнал «Наука и жизнь» №5, 2001.

4. *Найман Э.* Путь к финансовой свободе. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Альпина Паблицерз. – 2010, гл. 6.2. ISBN 978-5-9614-2041-8.

5. *ПурахмадарД., ГобадиК., НурунияД.* Novel Modified Pythagorean Tree Fractal Monopole Antennas for UWB Applications / IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. НьюЙорк: IEEE. 2011. 10: 484–487 с.

6. *Шенбергер Т.Е., Кондратьева Т.М.* Фракталы в архитектуре уникальных зданий и городской застройке / Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2018. С. 366-368.

ВАРИАНТЫ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПЛОСКОСТЯМИ ПРОЕКЦИЙ

Поверхности второго порядка — это эллипсоиды (в частном случае сфера), цилиндры трех типов (эллиптические, параболические и гиперболические), конические поверхности, однополостные и двуполостные гиперболоиды, эллиптические и гиперболические параболоиды. Также к поверхностям второго порядка можно отнести пару плоскостей (пересекающихся, параллельных или совпадающих), прямую, рассматриваемую как круговой цилиндр нулевого радиуса и точку, рассматриваемую как сферу нулевого радиуса. Эти поверхности являются вырожденными, и с точки зрения начертательной геометрии либо сводятся к поверхностям первого порядка (в случае плоскостей), либо вообще поверхностями не являются (в случае прямой и точки). [1,2,3, 4].

Следом поверхности второго порядка, как и в случае следа плоскости, будем называть линию пересечения этой поверхности с плоскостью проекций, только в общем случае это линия будет являться коническим сечением — коникой, в некоторых частных случаях вырождающуюся в пару прямых или точку.

Этих следов может быть не обязательно три, и они не всегда имеют общие точки (как, например, три следа плоскости общего положения имеют три точки схода). У поверхности вообще может не оказаться ни одного следа (простейший пример — сфера с центром, удаленным от начала координат на расстояние, в несколько раз превышающее радиус сферы). Но таких точек может быть и по две на каждой оси (простейший пример — эллипсоид с центром в начале координат).

Прежде чем исследовать следы поверхностей необходимо вначале исследовать варианты плоских сечений этих поверхностей произвольной плоскостью. Будем рассматривать некасательные плоскости (потому что иначе всегда можно добавить точку или прямую к списку сечений).

Пара плоскостей, пересекаемая третьей плоскостью порождает в сечении в общем случае две прямые, но если секущая параллельна одной из исходных плоскостей, то в сечении получается уже одна прямая, а если исходными были параллельные плоскости, то и сечения не будет.

Эллипсоид в качестве сечения может давать только эллипс (окружность в частном случае).

Цилиндр может в сечении давать либо две параллельные прямые, либо эллипсы (эллиптический цилиндр), либо параболы

(параболический цилиндр), либо гиперболы (гиперболический цилиндр).

Конус может давать в сечении эллипс, гиперболу, параболу, пару пересекающихся прямых и точку.

Двуполостный гиперболоид может давать в сечении либо эллипс, либо гиперболу, либо параболу.

Однополостной гиперболоид может давать в сечении эллипс, гиперболу, параболу, пару пересекающихся прямых и пару параллельных прямых.

Эллиптический параболоид может давать в сечении эллипс или параболу

Гиперболический параболоид может давать в сечении пару пересекающихся прямых, параболу или гиперболу.

Дальнейшее исследование заключается в том, что составляются всевозможные варианты трех сечений для данной поверхности, и затем анализируется — возможно или нет такое сочетание, и если возможно, то при каких обстоятельствах.

Можно отметить, что в некоторых особых случаях возможны одинаковые следы, порождаемые разными поверхностями. Так, например, круговой цилиндр, осью которого является горизонтальная прямая, достаточно удаленная от начала координат, достаточно удаленная от горизонтальной плоскости проекций, и наклоненная к фронтальной и профильной плоскостям проекций под одним и тем же углом 45 градусов, в качестве следов даст на этих плоскостях два эллипса, которые можно получить, используя и вытянутые эллипсоиды вращения с той же большой осью и подходящими параметрами эксцентриситета. Таким образом можно констатировать, что следы поверхности второго порядка однозначно не определяют саму поверхность второго порядка.

Но кое-какие выводы все же можно сделать. Если среди следов присутствует эллипс, то исходная поверхность не может быть ни гиперболическим, ни параболическим цилиндром, ни гиперболическим параболоидом.

Если среди следов присутствуют пара пересекающихся прямых, то исходная поверхность может быть либо конусом, либо однополостным гиперболоидом, либо гиперболическим параболоидом.

Если среди следов присутствует гипербола, то исходная поверхность не эллипсоид, и не эллиптический и не параболический цилиндр.

Если среди следов присутствует парабола, то исходная поверхность не эллипсоид, не гиперболический цилиндр, ни эллиптический цилиндр.

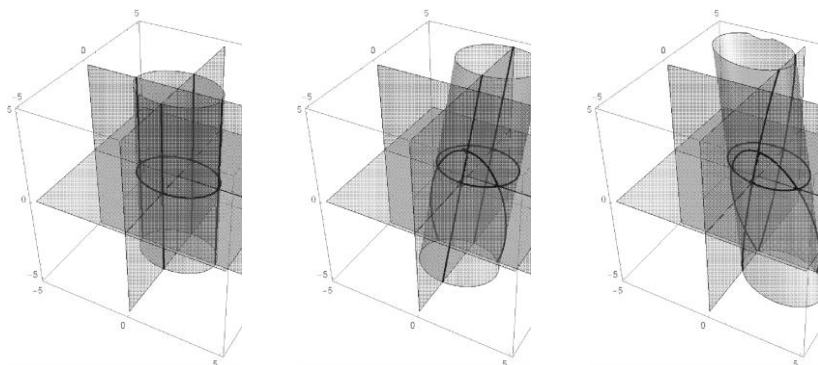


Рис.1 Варианты следов эллиптического цилиндра

На представленном рисунке показаны варианты следов эллиптического цилиндра в случае, если имеются все три следа. Слева показан вариант, когда фронтальный и профильный следы являются парами параллельных прямых, а горизонтальный — эллипсом; в центре — горизонтальный и фронтальный следы являются эллипсами, а профильный — параллельными прямыми, а слева — все три следа эллипсы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *С.Н.Кривошапко, В.Н.Иванов.* Энциклопедия аналитических поверхностей, М., Изд-во "ЛИБРОКОМ", 2019, 556 с.
2. *Г.Корн, Т.Корн.* Справочник по математике для научных работников и инженеров, М., "Наука", 1974, 832 с.
3. *Королев Ю.И.* Начертательная геометрия. Учебник для ВУЗов. М.: Архитектура-С, 2007, 422 с.
4. Постников М.М. Лекции по геометрии. Семестр 1. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1973, 755 с.
5. Г.Корн, Т.Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров, М., "Наука", 1974, 832 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ФИГУРА ТОР И ЕЕ СВОЙСТВА

Впервые тороидальную поверхность рассмотрел древнегреческий математик Архит, который дал тору определение: это геометрическое место точек, удаленных от окружности с радиусом R на расстояние r . У этой фигуры есть еще одно определение: тор – это поверхность, получающаяся путем вращения образующей - окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности и не проходящей через ее центр. В зависимости от того, как располагается ось вращения тора, различают три разновидности торовой поверхности [1].

1. Если ось вращения не соприкасается с кругом, то образуется открытый тор (рис. 1, а).

2. Если ось вращения имеет точку касания с окружностью или пересекает ее, то образуется поверхность под названием закрытый тор (рис. 1, б).

3. Если ось вращения пересекает центр окружности, то поверхность представляет собой вырожденный тор или шар (рис. 1, в).



Рис. 1. Три разновидности торовых поверхностей:

а – открытый тор, б – закрытый тор, в - шар

Поверхность тора содержит меридианы, параллели, а также экватор и описывается определенным уравнением [2], представленным в параметрическом:

$$\alpha, \beta \in [0; 2\pi] \begin{cases} x(\alpha, \beta) = (R + r \cos \alpha) \cos \beta \\ y(\alpha, \beta) = (R + r \cos \alpha) \sin \beta \\ z(\alpha, \beta) = r \sin \alpha \end{cases}$$

и декартовом виде:

$$(R + r \cos \alpha)(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2) - 4R^2(x^2 + y^2) = 0$$

Сечения тора могут занимать общее положение по отношению к элементам тора, быть перпендикулярным к оси фигуры или параллельным к ней. Рассмотрим частные случаи сечений, их виды.

Если сечение образуется с помощью бикасательной плоскости, получается кривая, представляющая собой объединенные две окружности,

окружности, которые получили название окружности Вилларсо (рис. 2).

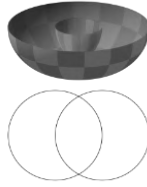


Рис. 2. Окружности Вилларсо

Сечение открытого тора может представлять собой лемнискату Бернулли. Данная кривая напоминает по форме знак бесконечности. Место, где она пересекает саму себя, называется двойной или узловой точкой(рис. 3).

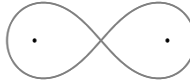


Рис. 3. Лемниската Бернулли

Кривые Персея, являющиеся кривыми линиями, лежат в сечении тора плоскостью, если она параллельна его оси(рис. 4).

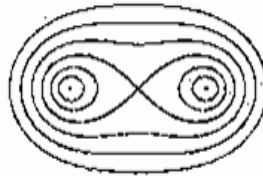


Рис. 4. Кривые Персея

Тороид обладает следующими свойствами [3]:

- место, где поверхность пересекает саму себя, называется двойной или узловой точкой;

- определенные сечения тора плоскостью внешне могут быть похожи на эллипс (кривую второго порядка).

- площадь поверхности тора вычисляется по формуле: $S = 4\pi^2 Rr$;

- объём тела: $V = 2\pi^2 Rr$;

- если вывернуть наизнанку открытый тор, то параллели и меридианы поменяются друг с другом местами.

Интересным явлением является такая абстрактная математическая фигура, как плоский тор [4]. Разработал алгоритм его построения Михаил Громов. За основу он брал традиционный тор и сжимал его так, чтобы вертикальные линии были приблизительно равны по длине растянутым горизонтальным. Полученная фигура очертаниями была похожа на тор, но обладала рядом особых свойств: ее поверхность была периодичной, чем была схожа с поверхностью фракталов, но в отличие от них она оставалась гладкой(рис. 5).



Рис. 5. Плоский тор

Нельзя не заметить, что за основу многих выдающихся архитектурных сооружений берут именно тор, например: Национальный стадион в Пекине, известный как «Птичье гнездо» и построенный к Олимпийским играм 2008 г.; кампус ApplePark — действующая штаб-квартира компании Apple в Купертино, Калифорния; Музей будущего в Дубае [5].

Если рассмотреть такую уникальную фигуру, как тор, не только с геометрической точки зрения, тогда можно будет заметить, что тор представляет собой основную модель реальности Вселенной и форму энергии. Каждый энергообъект, будь то частица или галактика, представляют собой тор. Такие науки, как математика, геометрия, квантовая физика подтверждают, что тор по своей конструкции представляется собой живую математическую формулу. И благодаря этому выводу мы можем понять фразу: «Вселенная бесконечна, но ограничена». Это значит, что события, переходя «через край», начинают повторяться... как тор!

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фоменко А.Т.* Наглядная геометрия и топология: Математические образы в реальном мире. Изд. 2-е. М.: МГУ, 1998. 211 с.
2. *Кривошапко С.Н.* Аналитические поверхности: материалы по геометрии. 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек // С.Н. Кривошапко, В.Н. Иванов, С.М. Халаби. М.: Наука, 2006. 544 с.
3. *Александров П. С.* Лекции по аналитической геометрии, пополненные необходимыми сведениями из алгебры с приложением собрания задач, снабженных решениями, составленного А.С. Пархоменко. М.: Наука, 1968. 911 с.
4. *Шишкин В.Н.* Торевые технологии основа Эластичной механики // Сборник статей 1-ой Международной научно-практической конференции «Торевые технологии», 30 июня-2 июля 2004 г. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. 127 с.
5. *Гольдфельд И.З.* Трансформерный торонд в строительстве. // Транспортное строительство. М.: 2016. №11. С. 11-14.

Студенты 1 курса 62 группы ИСА Горен Д., Савина А.Д.
 Научные руководители: доц., канд. тех. наук Т.М. Кондратьева,
 доц., канд. тех. наук Т.А. Жилкина

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОМЕТРИИ НА БИОМЕХАНИКУ ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ В КОНЬКОВЫХ ВИДАХ СПОРТА

Целью работы ставится выявление и оценка влияния элементов геометрии на биомеханику движений спортсменов в коньковых видах спорта. Объектом исследования были взяты конькобежный спорт и фигурное катание.

Конькобежный спорт или скоростной бег на коньках — вид спорта, в котором необходимо как можно быстрее на коньках преодолевать определённую дистанцию на льду по замкнутому кругу. Он подразделяется на классический конькобежный спорт и шорт-трек.

Дорожка для шорт-трека имеет длину 111,12 метров, радиус поворота 8 метров, длину прямых участков трассы, равную 46 метров.

Дорожка для конькобежного спорта представляет собой овал длиной 400 м (гораздо реже 333 м), радиус внутреннего поворота – 25-26 м, радиус внешнего поворота - 35 м, длина прямых участков трассы примерно равна 100 м (рис.1).

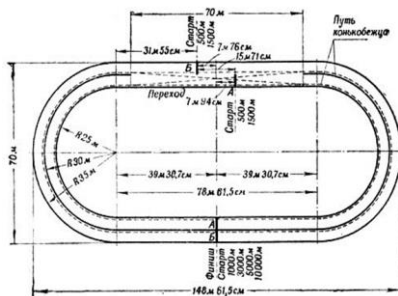


Рис. 1. Характеристики трассы для конькобежного спорта

Различия в геометрии ледовых трасс обуславливают специфику их влияния на биомеханику движения спортсменов. Так длинный разгонный участок, а также относительно большой радиус поворота (25-35 м) определяют более существенное влияние аэродинамических сил сопротивления воздуха, которые складываются из сил касательного трения, направленных вдоль поверхности тела, и сил давления, направленных по нормали к поверхности, на конькобежца [1]. Это влечет соответственно необходимость в уменьшении этого влияния, которое достигается, в частности, за счет использования специальных костюмов.

Отличия в радиусах поворота и длине разгонных участков в траекториях движения спортсменов определяют разницу в расположении участков усиленного давления на ледовых трассах на конькобежца и шорт-трекиста, а также в угле наклона корпуса

спортсменов на виражах. Угол наклона тела φ при повороте шорт-трекиста $\gg \varphi$ поворота конькобежца (рис.2) [2].

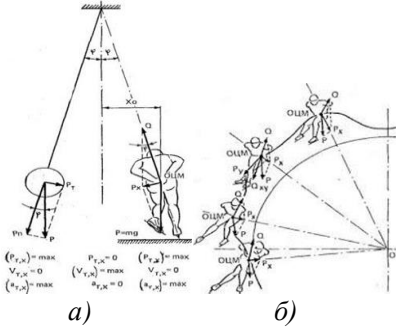


Рис. 2: а - φ поворота шорт-трекиста;
б - φ поворота конькобежца

Таким образом геометрия ледовой трассы определяет характеристики экипировки спортсменов, их технику отталкивания и вхождения в поворот, а также тактику борьбы, навязываемую соперникам во время соревнований.

Фигурное катание - самый субъективный вид зимнего спорта. Судьи определяют не только качество исполнения технических элементов, но

оценивают и общее эстетическое впечатление от выступления. Традиционно итоговая оценка за выступление состоит из технической оценки и оценки за компоненты. При подсчете технической оценки – баллов за выполнение элементов программы фигуристом, одним из важнейших элементов, влияющих на итоговую оценку выступления, признается приземление [3].

Именно приземление является самым технически сложным в исполнении элементом, одним из решающих факторов в успешном выполнении которого является геометрия тела спортсмена во время прыжка. На биомеханический показатель эффективности - геометрию положения тела при посадке влияют угловые положения по отношению к телу, а также геометрия во время фазы приземления (рис. 3) [4].

Основные геометрические показатели биомеханики приземления фигуриста:

- φ_1 – угол отклонения корпуса от вертикальной оси;
- φ_2 – угол смещения центра массы тела;
- θ_1 – угол сгибания бедра

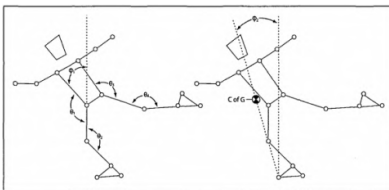


Рис. 3 Геометрия позиции тела (угловые значения)

опорной ноги;

- θ_2 – угол сгибания колена опорной ноги;
- θ_3 – угол разгибания бедра свободной ноги;
- θ_4 – угол сгибания колена свободной ноги [3, с. 237].

Рассмотрим все факторы, влияющие на успешное выполнение

элемента приземления, а также ключевые биомеханические показатели эффективности и их связь с геометрией тела спортсмена. Успешное приземление фигуриста зависит от следующих параметров: геометрия позиции тела в момент приземления, которая в свою очередь зависит от сопряжения со льдом, высоты прыжка, стабилизации тела; техники приземления; геометрии углов приземления (сегментарная последовательность действий, баланс и контроль) [5].

Значение общего угла наклона тела φ_1 около 0 указывает на устойчивую управляемую посадку с небольшим покачиванием тела над опорной ногой [3, с. 239]. Соблюдение оптимального угла сгибания бедра опорной ноги θ_1 в диапазоне

$\theta_{1н} < \theta_1 < \theta_{1к}$, где:

– $\theta_{1н}$ – угол сгибания бедра опорной ноги непосредственно в момент приземления,

– $\theta_{1к}$ – сгибания бедра опорной ноги после завершения приземления в устойчивом положении равновесия,

позволяет минимизировать риски возможного незапланированного смещения ЦМ в момент приземления [3, с.240].

Исследовав влияние геометрических элементов на биомеханику движения спортсменов, было выявлено, что не только особенности геометрии сооружений для коньковых видов спорта (ледовых арен, конькобежных трасс), но и геометрия движений самого спортсмена (углы сгибания/разгибания конечностей, наклон тела, смещение ЦМ в определенные промежутки времени) являются наиболее важными факторами, определяющими предельные возможности спортсмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаренко Б.Н., Барышников Ю.А. Основы резонансной техники скоростного бега на коньках // Конькобежный спорт: Ежегодник. М., 1984. С. 44-49.

2. Конькобежный спорт / шорт-трек: Программа для ДЮСШ и СДЮШОР. М.: 2014. 74 с.

3. Lockwood K.L., Gervais P.J., McCreary D.R. Landing for success: a biomechanical and perceptual analysis of on-ice jumps in figure skating. University of Nevada, 30.05.2012. 231-241p.

4. Тузова Е.Н., Обучение базовым элементам фигурного катания. М.: Человек, 2015. 96 с.

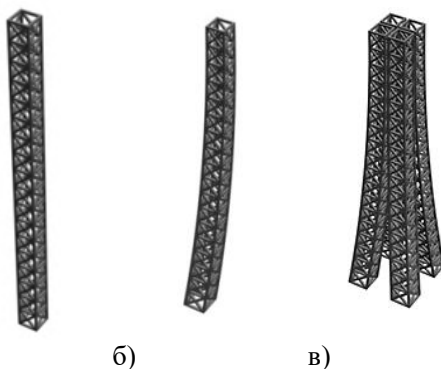
5. Мишин А. Н. Прыжки в фигурном катании. М.: Физкультура и спорт, 1976. 104 с.

ЛОФТИНГ КАК СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЙФЕЛЕВОЙ БАШНИ

Так как сооружение достаточно сложное, ограничимся моделированием верхней части Эйфелевой башни.

Вначале необходимо создать ячейку, из которой будет состоять основная часть стволов башни. Ячейка представляет собой реберный куб, с перекрестьями на гранях.[1]

Создаем параллелепипед с габаритными размерами 10x10x100 - это ребро куба ячейки.



а) б) в)

Рис. 1. Моделирование яруса башни.

а) Моделирование столба из ячеек,

б) Сужение верхней части ствола и изгиб,

в) Круговой массив.

Затем операциями круговой массив создаем 4 ребра одной грани, затем создаем перекрестья в грани, затем создаем все грани, также используем примитивы Vox.

Применяем операцию одномерный массив из 18 элементов, затем группируем получившиеся ячейки, получаем столб.

Применяем модификаторы Target для сужения верхней части ствола и FFD3x3x3x для изгиба, с соответствующей корректировкой центра модификаторов, после чего в результате получаем изогнутый ствол. [2]

Делаем круговой массив с вынесенным центром приложения операции, из четырех стволов и группируем для дальнейшего удобства в работе.

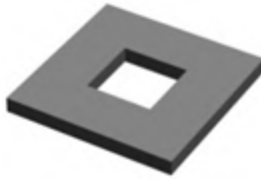


Рис. 2.
Моделирование
площадки.

Разделительная площадка между этим ярусом и нижним - это четырехугольная пластина, с отверстием, которую удобно выполнить с помощью команды Tube с параметрами число сторон - 4 и отсутствием сглаживания.[3]

Верхняя часть башни имеет сложную форму, условно разделяемую на антенный шпиль, центральную часть в форме многогранника кубической симметрии, четырехугольного основания и двух условно плоских параллельных горизонтальных "пластин" сложной формы с небольшими антеннами. [4]

Каждый компонент формируется своим способом. Центральный антенный шпиль состоит из тонкого высокого цилиндра, к которому с 4 сторон присоединены ряды ребристых пластин, образующих массив.

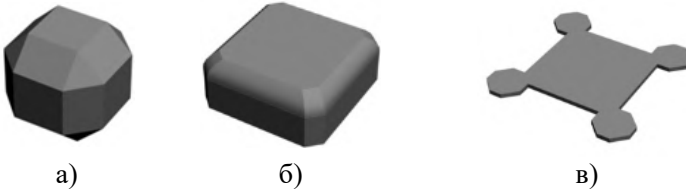


Рис. 3 Моделирование антенны.
а) Многогранник,
б) Подставка,
в) Горизонтальная пластина.

Многогранник, моделирующий центральную часть, создан на основе примитива Polyhedron.

Подставка - на основе восьмиугольного сплайна, из которого произвели выдавливание, и верхнюю часть подвергли модификатору Taper.

Горизонтальные пластины сложной формы тоже были выдавлены из сплайна соответствующей формы.



Рис. 4. Завершение модели.

- а) Антенна,
б) Верхняя половина в сборе.

Антенны в центрах восьмиугольных площадок - это тонкие цилиндры. [5]

Верхняя часть в сборе получается совмещением горизонтальных проекций центров соответствующих элементов, разнесенных каждый на свою высоту.

И, наконец, соединив эту часть с ранее смоделированным стволом, получаем модель второй половины Эйфелевой башни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барчугова Е.В., Рочегова Н.А. Компьютерные технологии в архитектуре: пленарный доклад // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы международной научно-практической конференции 11-15 апреля 2011 г.: Сб. статей в 2 тт. Т.1. М.: Архитектура. 2011. С. 22-25.
2. Шубенкова М.Ю. Компьютерное моделирование как средство архитектурно-исторического анализа.
3. Иванов В.Н., Кривошапко С.Н., Халаби С.Н. Аналитические поверхности. М.: Наука. 2006. С. 124-131.
4. Кривошапко С.Н., Мамиева И.А. Аналитические поверхности в архитектуре зданий, конструкций и изделий. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2012. С. 221-227.
5. Романова В.А, Оськина Г.Н., Жильеулбе-Матье. Визуализация образования поверхностей вращения// Вестник Российского университета дружбы народов, серия Инженерные исследования. М.: Изд-во РУДН. 2014. № 2. С. 82- 87.

МНОГОГРАННЫЕ МНОГОВЕРШИННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ КУПОЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Многогранная поверхность – это поверхность, полученная соединением плоских многоугольников по равным сторонам так, что каждое ребро поверхности принадлежит только двум многоугольникам (граням). Мы рассматриваем только те многогранные поверхности, у которых при разворачивании на плоскость не нарушается непрерывность и единственность. Такие поверхности являются невыпуклыми, так как у каждой точки (кроме граничных точек) есть окрестность, соответствующая конусу с полным углом при вершине.

Развертки рассматриваемых поверхностей покрывают плоскость без складок и разрывов. Развертка многогранной поверхности – плоская фигура, составленная из граней поверхности и полученная путем вращения граней вокруг каждого из ребер. Для обратного действия, необходимо вращать грани относительно ребер, учитывая, перемещение самих ребер в пространстве.

Многогранная поверхность задана, если есть ее развертка и известен закон свертывания. Закон свертывания развертки определяется значениями двугранных углов поверхности и знаками поворотов граней в процессе свертывания. Оба параметра необходимо назначить с учетом ориентации плоскости развертки.

Простейшей многогранной поверхностью является многогранный угол с полным углом при вершине. Такой угол, имеющий четыре грани, назовем элементарной пирамидальной поверхностью. Многогранные поверхности, имеющие более одной вершины, назовем многогранными многовершинными поверхностями, а многовершинные поверхности, у которых в каждой вершине сходятся только по четыре ребра, – поверхностями элементарных вершин. Таким образом, последние представляют собой многогранные многовершинные поверхности, составленные из элементарных пирамидальных поверхностей.

Развертки рассматриваемых поверхностей будем конструировать из полос. Полоса развертки — это часть плоскости, ограниченная двумя линиями и заполненная плоскими многоугольниками. Элементарной полосой назовем полосу, у которой вершины многоугольников лежат на граничных линиях полосы. Полосы должны покрывать развертку поверхности полностью, в один слой. Линии, ограничивающие полосы, могут быть прямыми и ломаными.

Рассмотрим конструирование разверток многогранных многовершинных поверхностей заданием развертки элементарной полосы. Одна элементарная полоса всегда свертывается и дает структуру двугранных углов. Форма предыдущей граничной линии исходной полосы на развертке определяет форму последующей. Паркетаж и закон свертывания назначается с учетом формы граничной линии исходной полосы в процессе свертывания.

Многогранные многовершинные поверхности можно рассматривать как поверхности, составленные из отсеков пирамидальных поверхностей, поэтому условия их свертывания являются необходимыми для свертывания многогранных многовершинных поверхностей. Некоторые из них:

- в вершине пирамидальной поверхности должны сходиться не менее четырех граней (кроме вершин на границе поверхности);
- плоские углы при вершине поверхности обязательно меньше π ;
- в процессе свертывания разверток повороты граней должны иметь различные знаки.

В зависимости от паркетажа и формы граничных линий полос можно получить различные структурные формы многогранных многовершинных поверхностей. Для различных видов исходных полос выявлены законы, позволяющие выполнить паркетаж всей развертки и провести свертывание в поверхность определенного типа. Например, если исходная полоса развертки ограничена параллельными прямыми и запаркетирована переносом какого-то исходного паркета, то получим развертку многогранной многовершинной поверхности «ангарного» типа или поверхность «рельефной плоскости». На рис. 1 изображена поверхность «ангарного» типа, развертка которой получена параллельным переносом исходной полосы.

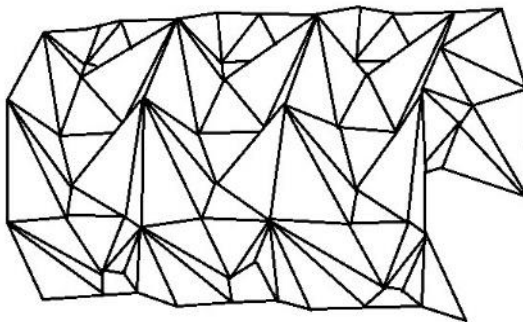


Рис. 1

Если в качестве полос взять линейные углы, стороны которых касательных к вписанной и описанной окружностям одного и того же правильного n -угольника, то при соответствующем паркетаже исходной полосы можно получить поверхность «зонтичного» типа (рис. 2).

На рис. 3 показан пример многогранной многовершинной поверхности «купольного» типа. Развертка поверхности составлена из полос, ограниченных замкнутыми ломаными линиями.

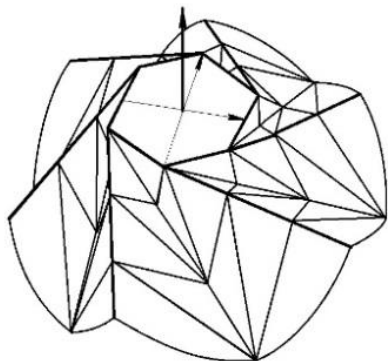


Рис. 2

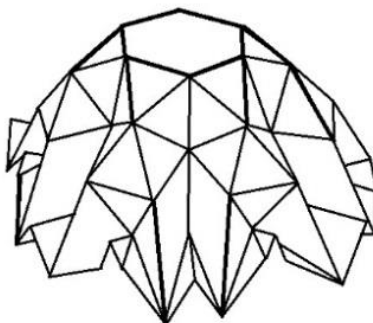


Рис. 3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рыжов Н. Н., Ачкасов Ю. А.* Матричный аналог многогранных поверхностей. Тезисы докладов XXI научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов Ереванского политехнического института. Ереван, 1974.

2. *Волков А. И.* Курс «Архитектоника промышленных форм и комбинаторика» в Харьковском художественно-промышленном институте. «Техническая эстетика», 1971, № 9.

3. *Александров А. Д.* Внутренняя геометрия выпуклых поверхностей.

4. *Кривошапко С.Н., Мамиева И.А.* Аналитические поверхности в архитектуре зданий, конструкций и изделий. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2012. С. 221-227.

5. *Романова В.А, Оськина Г.Н., Жильулбе-Матъе.* Визуализация образования поверхностей вращения// Вестник Российского университета дружбы народов, серия Инженерные исследования. М.: Изд-во РУДН. 2014. № 2. С. 82- 87.

ТРЕХМЕРНАЯ ГРАФИКА И АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Трёхмерная графика — раздел компьютерной графики, изучающий методы создания изображений и видео с помощью моделирования объёмных объектов в трёхмерном пространстве.

В прошлом зодчие вручную создавали чертежи, рисунки и эскизы на плоскости, пользуясь художественным языком графики и принципами начертательной геометрии, стараясь отразить трехмерную конструкцию сооружений. Во второй половине XX века произошла компьютерная революция, серьёзно преобразившая жизнь человека: возникла возможность проектировать и строить с помощью цифровых программ. В настоящее время трехмерная графика становится опорой для человека практически во всех областях деятельности и обязательным элементом его грамотности.

Мы можем оценить многообразие направлений использования интерактивной графики: создание изображений в архитектурной визуализации, кинематографе, телевидении, печатной продукции, науке, медицине и в быту (компьютерные игры, фотоальбомы).



Рис. 1. Создание модели частного дома в программе 3D

Архитектурное проектирование является основным и определяющим этапом строительства зданий. И сегодня оно немислимо без применения компьютерной графики. Программы для работы с трехмерными объектами дают возможность отразить архитектурные сооружения с привязкой к конкретному участку местности, с определенным освещением, особенностями рельефа и прочими деталями (Рис.2.). Такие модели создаются архитекторами путем преобразования примитивов программы 3D.

Также применение 3D программ эффективно при эскизировании. Сейчас за сравнительно короткое время можно разработать эскиз объема здания, включая его основные элементы (Рис. 3). По сравнению с созданием чернового макета этот метод экономит не только время, но и ресурсы для макетирования.



а



б

Рис.2. Реалистичная визуализация(проработка освещения и текстур):
 а) Проект загородного дома в современном стиле (Подмосковье)
 б) Проект частного дома

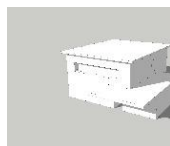
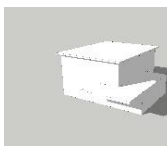
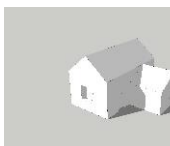
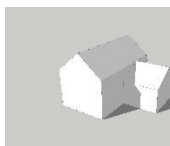


Рис. 3. Создание эскиза основного объема в Sketchup

Программа трехмерного проектирования, обрабатывая геодезические съемки, моментально передает на принтер особенности местности через чертежи и планы. Опора на существующие модели позволяет уменьшить время разработки и снизить ее стоимость.

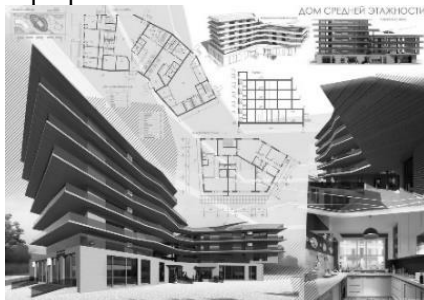


Рис. 3. Курсовой проект жилого дома средней этажности

Трехмерное изображение отличается тем, что передает проекции трехмерной модели реального или воображаемого мира на монитор, используя специализированные программы. Трехмерная графика ставит перед собой задачу описать объекты, передать их характерные черты и особенности,

разместить их в сцене с помощью геометрического модифицирования, которое отвечает всем требованиям ожидаемого образа.

Можно выделить несколько этапов, позволяющих получить трёхмерное изображение на плоскости. Во-первых, моделирование, которое создаёт пространственный образ сцены и предметов в ней. Вторым этапом является «текстурирование», то есть придание объектам различных фактурных особенностей (прозрачность, способность

отражать, шероховатость и пр.). Следующий пункт связан с определением положения и регулированием источника света. Затем в некоторых случаях добавляют динамику объектам – это стадия работы над анимацией. Дополнительный и необязательный этап динамической симуляции предполагает запрограммированное движение тел относительно друг друга под воздействием внешних сил. Далее идет основная часть работы над трёхмерным изображением – визуализации или рендеринг – получение видимого изображения с учетом выбранного прообраза. После этого выполняется компоновка, которая заключается в усовершенствовании картинка. И конечное действие – это перенесение итогового изображения на дисплей или специальный принтер, то есть на устройство вывода.

На данный момент известен ряд способов передачи трехмерной информации в объеме, для чего используются современные технологии и устройства, такие как виртуальные шлемы, 3D–дисплеи, стерео очки.

Кроме того, появляются устройства, которые позволяют видеть трехмерное, выразительное, многоуровневое изображение без вспомогательных очков.

Подводя итог, хотелось бы сказать, что трехмерная графика занимает главенствующее положение в архитектурном проектировании, как наиболее технологичный и рациональный способ работы с объёмными телами. А её самая главная задача заключается в том, чтобы идея архитектора нашла свое достойное воплощение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Григорьева. И.В.* Программы. «Компьютерная графика. Учебное пособие», МПУ, 2012. -298 с.
2. *Дикой А.А.* Основы компьютерной 3-х мерной графики, анимации и моделирования объектов. Учебно-методическое пособие. – Армавир: типография №3 ПБОЮЛ Симакова А.А., 2004. - 120 с.
3. *Жилкина Т.А.* Научные основы развития наглядно-образного мышления // Строительство – 2005. Международная научно-практическая конференция. 2005. – С.168- 172.
4. *Кувшинов. Н.С.* Инженерная и компьютерная графика: учебник / Н.С. Кувшинов, Т.Н.Скоцкая. – М.: КНОРУС, 2016. -234 с.
5. *Хазова. С.* Компьютерная графика. Учебное пособие. – 2012, 109 с.
5. Трёхмерная графика в современном мире [<https://klona.ua/blog/3d-modelirovanie/trehmernaya-grafika-v-sovremennom-mire>]

Студент 1 курса 6 группы ИГЭС *Евсеев А.Д.*
Научный руководитель – преп. *А.В.Стенура*

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНОВ ЕВРОПЕЙСКИХ КРЕПОСТЕЙ XVI-XVII ВЕКОВ

До XVI века существовало 4 основных типа планов европейских крепостей: Ранненормандский тип, Поздненормандский тип, Донжон (цилиндрическая башня), Эдвардианский (концентрический) замок.

Последняя половина XV века ознаменовалась активным внедрением артиллерии в искусство осады крепостей и замков. Постепенно крепости старого типа из оборонительных сооружений превратились в родовые гнезда, демонстрирующие высокий статус их владельцев. Как ответ на возникновение новых приемов ведения боя и тактики осады укрепленных сооружений, были разработаны качественно иные схемы планировки крепостей.

Новым видом были крепости бастионного типа. Они состояли из некоторого числа бастионов, которые соединялись с помощью каменных или насыпных стен (куртин) и представляли сооружение, замкнутое в плане. Равелины, имеющие треугольную планировку, выдвигались вперед и защищали с наружной стороны более уязвимые куртины. Традиционно, крепость окружали глубокие рвы; грунт, образовавшийся при рытье которых, использовали для подсыпки равелинов и гласиаса (насыпь перед крепостью, сглаживающая рельеф с целью лишить противника возможности укрыться в складках местности). Доминирующие над рельефом башни больше не сооружались из-за их уязвимости перед артиллерией. Система бастионов была предложена одновременно А.

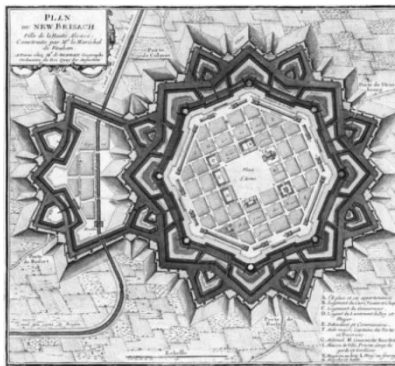


Рис. 5 Исторический план крепости Неф-Бризак XVII век.

Дюрером в Германии и Микельанджело в Италии, в начале XVI-го века.

Одним из ярчайших примеров крепости нового типа является цитадель в городе Бризак (рис. 1). Построенная по указу французского короля Людовика XIV Себастьяном де Престром, сеньором де Вобаном, на сегодняшний день является единственной сохранившейся крепостью с тремя линиями укреплений («второй усиленной») [1].

При проектировании и постройке крепостей военные инженеры руководствовались следующими принципами: в плане крепость должна была представлять правильный многогранник [2]. Для недопущения появления «слепых зон», углы, образующие рavelины и бастионы должны стремиться к наименьшей величине (рис. 2). Кроме того, это важно, чтобы энергия атакующей артиллерии максимально гасилась и вектор выстрела проходил по касательной к стенам укрепления, нанеся наименьший урон.

Большое значение также имела вертикальная планировка комплекса укреплений, начиная от гласиаса: угол земляной насыпи устраивался таким образом, чтоб ядра артиллерии «закапывались» в землю, не достигая стен крепости. Огромные объемы земляных работ, для устройства подобных укреплений, выполнялись в сжатые сроки и до сих пор потрясают воображение наблюдателей.

Расчет звездчатых крепостей сводился к промерам местности с помощью вешек и гониометров (угломеров), составлению карты рельефа и решению систем уравнений. Все это было крайне трудоемко, требовало доступа к данной местности, которая могла быть захвачена противником.

В идеальных условиях крепость-звезда должна была располагаться на горизонтальной поверхности, не имеющая каких-либо возвышенностей и растительности на расстоянии пушечного выстрела. Если таковые имелись, то расчет многократно усложнялся.

Вопросами оптимизации земляных работ при проектировании фортификационных сооружений занимался известный французский военный инженер Вобан. Он построил 33 крепости, реконструировал более 300-т, имел обширный практический опыт осады и защиты. Известный математик и геометр Г. Монж, создатель начертательной геометрии, также начинал свое высшее образование в военной школе города Мезьер, где занимался фортификацией. Его решение важнейшего вопроса проектирования оборонительных сооружений – определение угла наклона плоскости дефилады, относительно которой определяется положение остальных укреплений, принесло ему известность и было оценено по достоинству руководством школы. Новый, графический метод, предложенный Монжем, был гениально прост и понятен, давал большую экономию времени и сил и

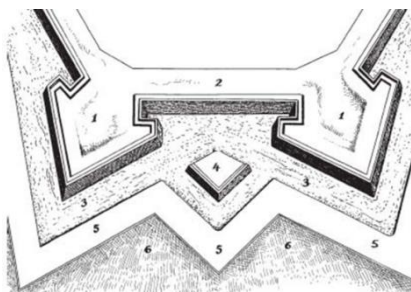


Рис.6 Фрагмент крепости бастионного типа. На рисунке обозначены: 1. Бастионы. 2. Куртина. 3. Крепостной ров. 4. Рavelин. 5. Укрытый путь. 6. Гласис.

сокращал до минимума измерительные работы на местности [3]. Как новое слово в науке фортификации, он более 10 лет был засекречен во Франции и преподавался только в военных учебных заведениях. Работы Вобана и Монжа ознакомили с новым этапом в строительстве крепостных сооружений [4].

К настоящему времени единственной хорошо сохранившейся крепостью звездчатой формы в нашей стране является Балтийская крепость (ранее крепость Пилау) в городе Балтийск Калининградской области. В самой западной точке Российской Федерации на Балтийской косе расположен форпост, основанный шведским королем Густавом II Адольфом в 1626 г. Автор проекта – инженер Матиас Вентц. Цитадель представляет в плане пятиконечную звезду, окруженную рвом, заполненным водой. Каждая вершина многогранника является бастионом. Также сохранилось несколько рavelинов [5]. В советские времена крепость была закрыта для посетителей, сравнительно недавно комплекс сооружений приобрели статус музейного объекта и стал доступен для посещения.



Рис. 7 Балтийская крепость.

При разработке планов цитаделей и защитных сооружений первоочередное внимание уделялось геометрии, расчету углов и длин сторон. Поэтому часто крепости рассматриваемых периодов имеют в плане форму правильных многоугольников или близки к ней. Такая концепция потеряла свою актуальность только к началу XX века с появлением авиации и дальнобойного оружия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Шмелина Д.С. Идеальный город-крепость Неф-Бризак: освоение общеевропейской фортификационной и градостроительной. Статья в журнале Academia. Архитектура и строительство. №4. М: 2017 С 10-16.

2. Попова Д.В., Тихонова А.В., Кондратьева Т.М. Многогранники в основе креативного замысла архитектора. В сборнике: Дни студенческой науки. М: изд. НИУ МГСУ 2019. С. 805-807.

3. Голяк Ю.А., Степура Е.А. Многогранники: интересные аспекты. В сборнике: Дни студенческой науки. М: изд. НИУ МГСУ 2017. С. 246-248.

4. Шмелина, Д.С. Себастьян де Вобан и «Истинный способ укрепления городов»: к вопросу об атрибуции трактата / Д.С. Шмелина // Архитектурное наследие. - 2016. - Вып. 65. - С. 113-127.

5. Довыденко Л.В. Очерки из истории города. Изд. 4-е, доп. и перераб. — Калининград, 2009. — 192 с

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР

Важнейшим принципом, открытым человеком при наблюдении окружающего мира, является принцип геометрического подобия в природе. Это основной принцип формообразования природных структур [4]. Гармония природы, вдохновлявшая античных философов, математиков и зодчих была выражена в открытых ими категориях: «мера» и «пропорция».

Само строение глаза человека создано природой по принципу геометрического подобия: сетчатка глаза представляет собой полусферу, ограничивающую оптический механизм глаза подобно тому, как биосфера окружает планету. Целью и механизмом зрительного восприятия является перекодировка образов пространства в геометрические образы с помощью принципов пропорциональности (соразмерности) и геометрического подобия.

Рассмотрим некоторые виды природных структур, геометрические свойства которых с древности служили для человека объектом изучения. Стволы и стебли растений: человек издавна использовал древесину как строительный материал, благодаря уникальным характеристикам по прочности, гибкости, способности хорошо работать как на растяжение, так и на сжатие. Эти свойства обусловлены, в частности, чередованием жестких и мягких слоев древесины, трубчатым концентрическим строением ствола. Не случайно колонны храмов Древнего Египта напоминают нам стволы пальм, а колоннада Парфенона - величественный сосновый бор.

Паутина - плоская структура, образованная геометрически правильным переплетением нитей, расходящихся от центра и связанных между собой дугами. Интересно, что прочность этих нитей в четыре раза больше прочности стальной проволоки такого же сечения. Благодаря строению, нити паутины выдерживают растяжение на четверть длины без разрыва. Паук, находящийся в центре, контролирует всю периферию. Структура паутины послужила прообразом планировки древних крепостей, городов и даже Московского метро. Идея вантовых конструкций возникла при изучении геометрии паутины, плавников рыб, перепонки крыльев и лап животных. Известно, что Леонардо да Винчи тщательнейшим образом изучал и зарисовывал строение и динамику движений крыльев птиц, разрабатывая летательный аппарат. Многие из его гениальных изобретений - результат тщательного наблюдения природных объектов. Жилки крыла насекомого или прожилки листа

растения демонстрируют концентрацию материала по линиям главных напряжений и являются прообразом предварительно напряженных конструкций.

Принцип трансформирующихся конструкций и растущего дома находим в свертывании в трубочку, спиралевидном закручивании, характерных для растений в процессе роста (стебли тыквы, огурца, вьюнка), и в зависимости от погоды и времени суток, служат растению защитными механизмами, повышающими прочность и устойчивость природной конструкции.

Губчатая структура кости, обеспечивающая невероятную прочность, гибкость и высочайшую несущую способность, исследовалась многими инженерами. Внутренние пустоты округлой формы, обеспечивающие легкость и прочность, были взяты за основу при разработке дырчатых и ячеистых конструкций, которые используются в архитектуре в разных вариациях: начиная от конструкций сводов, контрфорсов и других элементов строительных шедевров прошлого, заканчивая причудливой органической и бионической архитектурой нашего времени.

Математиками и архитекторами был сделан вывод, что пропорция золотого сечения и последовательность Фибоначчи являются постоянными и универсальными характеристиками природных структур. Так, например, листья, нарастающие по длине ветки, располагаются по спирали. Это распределение обусловлено оптимальным доступом к свету и влаге. Порядковые номера листьев, располагающихся друг над другом в витках спирали, соответствуют ряду Фибоначчи. По спирали располагаются семена шишки, подсолнуха. Если сделать продольный разрез раковины моллюска Наутилус, увидим плоскую логарифмическую спираль [1]. Моллюск, по мере роста, строит новые камеры, запечатывая вход в предыдущее местонахождение слоем перламутра. Каждая новая камера по размерам пропорциональна всем предыдущим, т.е. строится по принципу геометрического подобия и напоминает каналовую поверхность. Рога копытных животных растут, образуя поверхность, близкую к геликоиду [2].

Геометрия береговой линии или русла реки также имеет свои закономерности. С учетом небольшого наклона земной поверхности и вращения Земли, при постоянном качестве материала ложа, русло реки имеет двусторонний изгиб с закономерным чередованием мелей и омутов, излучин и мысов. Форма русла все время сдвигается ниже по течению в сторону, образуя гигантскую синусоиду.

С помощью дифференциальной геометрии были исследованы и описаны многие природные поверхности. Заслуги в разработке этой области геометрии принадлежат, прежде всего, Г. Монжу и К. Гауссу.

. В середине 80-х годов 20 века появилась фрактальная геометрия, основные положения которой сформулировал Бенуа Мандельброт в книге «Фрактальная геометрия природы». Было введено понятие: «природный фрактал». Оно использовалось для описания природных структур, содержащих элемент случайности, но при этом вполне закономерно описываемых с помощью фрактальных множеств. Такой подход позволил геометрически достоверно описать такие природные формы, как облака, пламя, скалы, кроны деревьев, кровеносную систему, русла рек. Самым доступным для наблюдения примером природных фракталов являются дендриты – морозные узоры в виде деревьев и растений на оконном стекле. Фракталы выражаются в алгоритмах и наборах математических процедур, описывающих сложные природные формы и процессы, а не в первичных геометрических формах [3]. В настоящее время ученые считают фрактальность основным принципом геометрического строения сложных природных объектов [5].

Вывод. Авторы попытались показать, как наблюдение геометрии природных объектов способствовало развитию науки, строительства, архитектуры и становилось основой для открытия новых способов изучения природных явлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амерова Д.А. Геометрические формы морских раковин. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 742-744.
2. Арташина А.Э. Бегущая спираль: геометрия и конструкция. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2017. С. 234-236.
3. Голикова Д.Н. Геометрия кристаллов. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 754-756.
4. Горнова П.Ю. Фрактальные структуры на разных уровнях городской среды. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры 2020. С. 659-661. НИУ МГСУ. Москва.
5. Е.В. Чернова. Хаос и порядок: фрактальный мир. // Природа, ежемесячный журнал РАН, №5, 2015 г., с.34-45

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЯМИ ПРОЕКЦИЙ

Коническая поверхность как боковая поверхность тела вращения конуса известна с древних времен, и многие ученые занимались изучением свойств этой поверхности. В сечении конуса можно получить практически все варианты кривых второго порядка (кроме параллельных прямых), и поэтому эта поверхность занимает особое место в множестве поверхностей второго порядка [1].

В отличие от цилиндра, у которого различаются эллиптический, параболический и гиперболический вариант, конус не делится на эти подвиды, потому что в любом конусе можно получить и гиперболы, и параболы, и эллипсы, и пары совпадающих прямых (касательные прямые), и пары пересекающихся прямых [2, 3, 5].

Рассмотрим пересечения конической поверхности с плоскостями проекций. По аналогии с плоскостями общего положения будем называть такие линии пересечения следами [4]. Если конус расположен симметрично относительно всех трех плоскостей проекций (а это возможно, если его ось его ось будет составлять одинаковые углы с плоскостями V, H, W , проходя при этом через точку начала координат), то следы на плоскостях проекций будут симметричными, т. е. однотипными. Таких вариантов расположения оси конуса по отношению к плоскостям проекций всего 4 — либо ось проходит через 1 и 7 октанты, либо через 2 и 8, либо через 3 и 5, либо через 4 и 6.

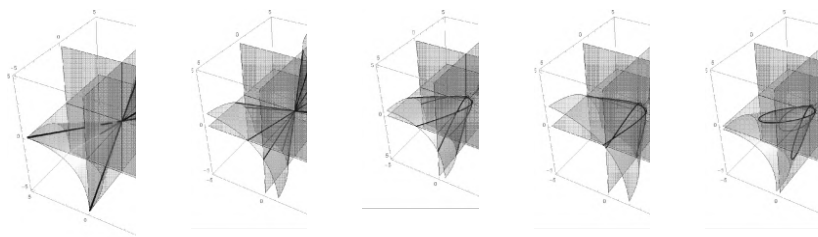


Рис.1 Следы конической поверхности — однотипные кривые

На представленном рисунке показаны варианты однотипных следов - это либо три касательные прямые (три сдвоенные прямые), либо шесть прямых, пересекающихся в вершине конической поверхности, либо три параболы, либо три гиперболы, либо три эллипса. Существует также вариант, когда три следа являются совпадающими точками, когда

вершина конуса проходит через точку начала координат, а угол при вершине конуса меньше, чем у конуса на левом кадре рис. 1 (одна полость конической поверхности полностью содержится, например, в 1 октанте, а другая — в 7). При этом не обязательно ось конуса должна быть наклонена к плоскостям проекций под одинаковыми углами - если угол при вершине достаточно узкий, то ось может располагаться в известных пределах, обеспечивая отсутствия пересечений конуса с плоскостями проекций, за исключением единственной точки начала координат.

Коническая поверхность принадлежит к таким поверхностям, которые всегда имеют пересечения с любой плоскостью, и этим отличается, от эллипсоидов, цилиндрических поверхностей, эллиптического параболоида и двуполостного гиперболоида, у которых могут отсутствовать некоторые (а иногда и все) следы.

Если вершина конической поверхности находится на какой-либо из координатных осей, то при определенных условиях можно добиться, чтобы два следа представляли собой точку. Если вершина находится на плоскости проекции, то можно добиться, чтобы один след был точечным. Если вершина не на оси, и не на плоскости проекций, то всегда будут полноценные (не вырождающиеся в точку) три следа.

В зависимости от положения вершины конической поверхности, положения оси конуса, величины угла при вершине можно добиваться разных сочетаний следов на плоскостях проекций.

На представленном ниже рисунке показана только малая часть сочетаний этих следов.

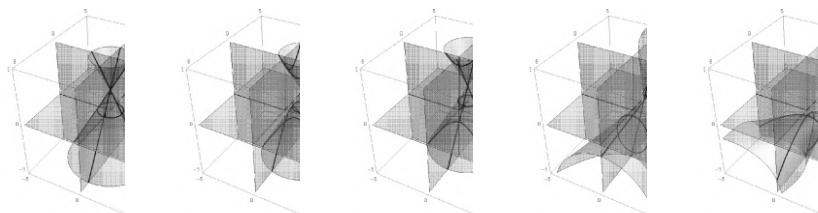


Рис.2 Следы конической поверхности — разнотипные кривые

Для получения той или иной кривой второго порядка в качестве следа необходимо учитывать условия получения этого следа. Так, например, если мы хотим получить в качестве следа прямую (две совпадающие прямые), то только одна из образующих конуса должна лежать в соответствующей плоскости проекций (не две, и не ноль). Это условие эквивалентно тому, что плоскость проекций становится касательной плоскостью к конусу (и это вполне возможно, т.к. коническая поверхность является поверхностью нулевой гауссовой кривизны).

Если мы хотим получить в качестве следа две пересекающиеся прямые, то нужно обеспечить, чтобы вершина конуса лежала в соответствующей плоскости проекций, и, кроме того, ровно две какие-либо образующие лежали в плоскости проекций.

Если мы хотим получить в качестве следа параболу, то нужно, чтобы вершина конуса не лежала в плоскости проекции, и можно было бы найти одну прямую, параллельную плоскости проекций.

Такого же типа условия имеются и для получения эллипсов и гипербол в качестве следов конической поверхности.

Что касается аналогов точек схода плоскости, то не всегда следы конических поверхностей попарно пересекаются на координатных осях, но иногда такие точки имеются. Поскольку в пересечении могут участвовать как прямые, как выпуклые кривые линии, то на каждой координатной оси могут быть не обязательно одна точка. Причем в случае следов поверхностей второго порядка надо иметь в виду, что не всегда точки пересечения следов с осями, являются точками пересечения двух следов на разных плоскостях (см. рис 2., второй слева рисунок).

Вывод. Коническая поверхность в качестве следов может иметь в качестве следов все возможные варианты кривых второго порядка (за исключением пары параллельных прямых), а также все возможные комбинации их сочетаний, что делает эту поверхность наиболее удобной для изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *С.Н.Кривошапко, В.Н.Иванов.* Энциклопедия аналитических поверхностей, М., Изд-во "ЛИБРОКОМ", 2019, 556 с.
2. *Г.Корн, Т.Корн.* Справочник по математике для научных работников и инженеров, М., "Наука", 1974, 832 с.
3. Математическая энциклопедия в 5 томах. Под редакцией *Виноградова, М.*, "Советская энциклопедия", 1977-1985гг., Т.2, С.1065-1066.
4. *Королев Ю.И.* Начертательная геометрия. Учебник для ВУЗов. М.: Архитектура-С, 2007, 422 с.
5. *Постников М.М.* Лекции по геометрии. Семестр 1. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1973, 755 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D ПРИМИТИВОВ В КОНСТРУИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ПРАВОСЛАВНОГО ХРАМА

1. Создание барабана. Вначале создаем примитив "Труба" с параметрами внутреннего и внешнего радиусов 70 и 85 и высотой 70. Затем необходимо пробить оконные проемы. Для этого создаем параллелепипед с габаритными параметрами 15, 35 и 220, располагаем его по центру трубы. перемещаем центр приложений операций тоже по центру параллелепипеда и трубы. Выполняем операцию "Array" с вращением относительно центра на угол 30 градусов. Количество элементов массива - 6 (за счет того, что параллелепипед пересекает в плане границу трубы, один такой "пробойник" сделает два оконных проема в противоположных сторонах). [1]

Затем последовательно выполняем логическую операцию вычитания - из трубы вычитаем один за другим все шесть параллелограммов, В результате получается 12 оконных проемов, что нам и требовалось получить. [2]

На следующем этапе необходимо организовать наличники вокруг оконных проемов, для этого нам понадобится уже 12 параллелепипедов. Вначале создадим один, который в плане пересекает только внешнюю границу трубы (заходит с внешней стороны на половину толщины трубы), но не пересекает внутреннюю. По двум габаритным размерам он должен превосходить первый пробойник, но третий габаритный размер может быть любым, лишь бы превышал половину толщины трубы. [3]

Центр приложения операций этого второго параллелограмма также помещаем в центр трубы, и затем создаем "круговой массив", но уже количество элементов устанавливаем 12, потому что один параллелепипед обеспечит наличник только в окрестностях одного окна.



Рис. 1. Барабан с оконными проемами и наличниками

вокруг них.

Для "остекления" оконных проемов создаем трубу, внешний и внутренний радиусы которой расположен строго внутри толщины стены первой трубы, и назначаем ей материал с полупрозрачностью 40

процентов (это достаточно для того, чтобы заметить некоторое замутнение оконных проемов).

Далее необходимо сделать архитектурные украшения под окнами - всего 12 групп (под каждым окном). Каждая такая группа состоит из 8 одинаковых тел вращения. Последовательность такова - вначале рисуем

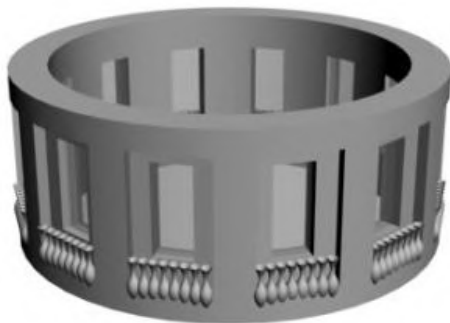


Рис. 2. Барабан с архитектурными украшениями

сплайн - профиль одного элемента, затем применяем к нему модификатор вращения, причем угол поворота можно установить в пределах от 180 до 360 градусов, после чего получаем один элемент из восьми. Выполнив команду "прямоугольный массив", подобрав при этом подходящее

расстояние между соседними элементами, получаем архитектурную группу под окном. Объединяем эти восемь элементов в одну группу, и помещаем ее в нужное место под окном, а центр приложения операций по -прежнему назначаем в центр трубы. Затем применяем ту же последовательность действий, что была ранее при формировании окон и наличников, т.е. выполняем операцию "круговой массив". [4]

2. Далее необходимо сформировать фриз и карниз (в качестве таковых тоже применяем примитивы "труба" с соответствующими установками высоты и радиусов).

3. На следующем этапе на соответствующей высоте формируем полусферический купол - вначале это два примитива сфера с установкой параметра "полусфера" -0.5. и разницей радиусов примерно в 10-15 единиц. Из большей полусферы вычитаем меньшую, получаем полусферический слой. Затем необходимо сделать 4 круглых окна по той же технологии, что применяли ранее при формировании 12 окон, только теперь в качестве пробойника используем два одинаковых цилиндра, оси которых расположены в горизонтальной плоскости под углом 90 градусов одна к другой, и высоты которых достаточны, чтобы пронизать обе стенки полусферического слоя. После применения логического вычитания получаем окна.



Рис. 3. Ротонда с куполом.

4. Завершение купола состоит из примитивов - цилиндра, модифицированного конуса и сферы подходящих размеров. Построить их не составляет труда. Модификацию конуса осуществляем модификатором "FFD". Крест на вершине вначале рисуем в виде сплайна, а затем применяем к нему модификатор "Extrude", после чего появляется трехмерный объект, который легко позиционируется на вершину сферы. [5]

Таким образом, примитивы трехмерного моделирования позволяют создать проект сложного архитектурного сооружения – такого, как храм-ротонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Робинов О. Ю.* Московская храмовая культура первой трети XIX в. М. 2011. 160с.
2. *Лайтарт Н.В.* Современная православная церковная архитектура России. Тенденции стилевого развития и типология храмов/Н.В. Лайтарт. СПб. 2009. 174 с.
3. *Любимов Л.Д.* Искусство Древней Руси /Л.Д. Любимов. – М.: Просвещение. 1974. 336 с.
4. *Путятин И. Е.* Русская церковная архитектура эпохи классицизма. Идеи и образы. М. 2011. 690с.
5. *Барчугова Е.В., Рочегова Н.А.* Компьютерные технологии в архитектуре: пленарный доклад // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы международной научно-практической конференции 11-15 апреля 2011 г.: Сб. статей в 2 тт. Т.1. М.: Архитектура. 2011. С. 22-25.

КРИВЫЕ БЕЗЬЕ ВИДЫ И СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ

Кривые Безье прочно вошли во все графические редакторы. Предложенные независимо друг от друга французским инженером Пьером Безье и математиком Полем де Кастельжо в 60 х годах XX века, изначально были придуманы для проектировки кузовов автомобилей. Кривые названы в честь Пьера Безье представившего их в 1962 году, а именем де Кастельжо рекурсивный способ их определения

Кривые Безье стали незаменимыми благодаря возможности построить кривые любого порядка с плавными переходами между контрольными точками, которые не являются графиками функций.

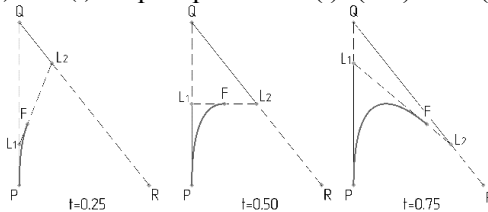
Кривая Безье с точки зрения математики то особый случай *полиномиальных плоских кривых с одним параметром*. Это означает, что всю кривую можно задать двумя многочленами, имеющими одну переменную t (определена на множестве вещественных чисел). Когда нам нужно выразить всю систему одним уравнением, мы можем взять коэффициенты общих степеней t и записать их как векторы x и y . Так, например, мы можем переписать многочлены $x(t)=t^2$, $y(t)=t^3$ как $f(t)=(0,1)t^3+(1,0)t^2$ или $(0, t^3) + (t^2, 0) = (t^2, t^3)$.

Также ограничим наше внимание рассмотрением однопараметрических плоских кривых, описываемых полиномом, для которых переменная t допускается на интервале от нуля до единицы.

Так мы можем для любых двух точек в плоскости $P(x_1,y_1)$, $Q(x_2,y_2)$ описать прямую между ними как кривую: $L(t)=(1-t)P+tQ$. при $t=0$, $L(t)=P$, при $t=1$ $L(t)=Q$, и уравнение является линейным полиномом при t . Более того, линия L проходит с «единичной скоростью» от P до Q .

Для более общего случая добавим третью точку R . Пусть две кривые L_1 и L_2 , описывающие прямые из $P \rightarrow Q$ и $Q \rightarrow R$. Тогда кривая, которая идет из $P \rightarrow R$ и направляется абстрактной точкой Q , будет иметь вид:

$$F(t)=(1-t)L_1(t)+tL_2(t) \text{ и преобразовав: } F(t)=(1-t)^2P+2t(1-t)Q+t^2R \quad (1)$$



С течением времени точка $F(t)$ движется вдоль прямой между точками $L1(t)$ и $L2(t)$, которые также движутся. Так мы получаем кривую, которая выглядит следующим образом

Вся идея кривых Безье заключается в обобщении этого принципа: имея точки P_0, \dots, P_n на плоскости, мы хотим описать кривую, которая проходит от первой до последней точки, и «направляется» между остальными точками

Определение: для заданного множества точек на плоскости P_0, \dots, P_n мы рекурсивно определяем кривую Безье степени $n-1$ как

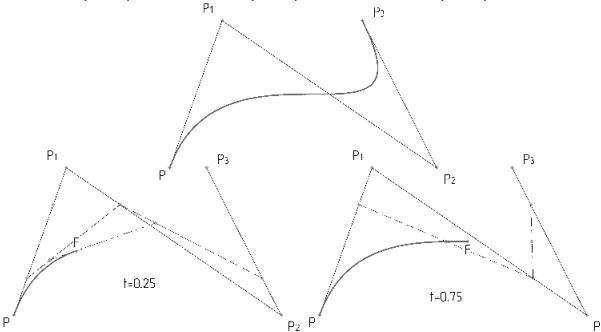
$$B_{P_0}(t) = P_0 \qquad B_{P_0 P_1 \dots P_n}(t) = (1-t)B_{P_0 P_1 \dots P_{n-1}} + tB_{P_1 P_2 \dots P_n}(t)$$

Можно получить формулу в явном виде просто всё это перемножить (с помощью формулы биномиальных коэффициентов) и получить формулу в явном виде. Она будет следующей:

$$B_{P_0 \dots P_n} = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} (1-t)^{n-k} t^k P_k \quad (2)$$

Например, кубическая кривая Безье будет иметь уравнение:

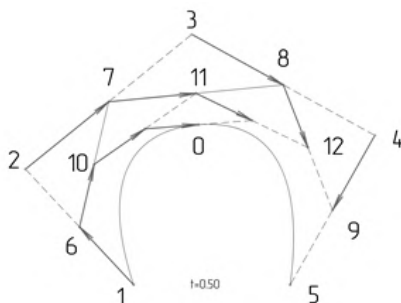
$$(1-t)^3 P_0 + 3(1-t)^2 t P_1 + 3(1-t) t^2 P_2 + t^3 P_3$$



Но помимо математического существует и другой способ построения кривых Безье-рекурсивный способ определения кривых: Алгоритм де Кастельжо:

1. Берутся опорные точки, и строятся отрезки их соединяющие
2. На каждом из отрезки берется точка, находящаяся на расстоянии пропорциональной параметру t ко всей длине, который принимает значения от значения от 0 до 1. Параметр t определяет процентное расстоянии от начала до точки ко всему отрезку (Например, при $t=0$ – точки будут в начале, при $t=0.25$ – на расстоянии в 25% от начала отрезка, при $t=0.5$ – 50%(на середине), при $t=1$ – в конце отрезков.)
3. Соединяем получившиеся точки и берем их в качестве опорных для дальнейших построений, пока не останется одна точка, которая и будет принадлежать кривой.

Совокупность точек для всех значений t от образуют кривую Безье.



В любом из способов ее построения кривая Безье обладает уникальными свойствами:

- непрерывность заполнения сегмента между начальной и конечной точками;
- кривая всегда располагается внутри фигуры, образованной линиями, соединяющими контрольные точки;
- кривая Безье симметрична (обмен местами между начальной и конечной точками не влияет на форму кривой)
- масштабирование и изменение пропорций кривой Безье не нарушает её стабильности
- любой частичный отрезок кривой Безье также является кривой Безье;

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. КРИВЫЕ БЕЗЬЕ В ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКЕ Мулендеева Д.А. В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2018. С. 342-344.
2. Роджерс Д.,АдамсДж. Математические основы машинной графики:Пер.сангл.- М.: Мир,604 -2001.с.
3. ХиллФ.OpenGL.Программирование компьютерной графики.– С.Пб:Питер,1088 2002.с.
4. Шикин Е.В., БоресковА.В. Компьютерная графика. Полигональные модели.–М.:ДИАЛОГ-МИФИ,464.-2001с.
5. Порев В.Н. Компьютерная графика.–СПб.:БХВ-Петербург,432–2002.с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОРНАМЕНТЫ ПАРКЕТОВ

Знаменитый французский архитектор Ле Корбюзье ещё в прошлом веке заявил, что всё вокруг геометрия !. Особенно много геометрии возможно заметить прямо у себя под ногами и именно поэтому поговорим о паркетах. Паркет — это тонкие пластинки из древесины, выделанные из таких пород натурального дерева как ясень, венге, дуб, клён и другие. Возникновению изготовления подобных полов мы обязаны Европе периода готики с XI — XII по XV—XVI века. Готика пришла на смену романскому стилю, постепенно вытесняя его, то есть проторенессанс (2-я половина XIII века — XIV век). В начале это были неординарно подобранные маленькие доски из разных пород деревьев (в основном из дуба), которые стелили в великолепно красивом орнаменте, но в дальнейшем напольные покрытия усовершенствовались и переходили к систематике и определенным методам раскладки. Хочется заметить, что у напольного покрытия еще есть геометрическое определение: узор из деревянных деталей выложенный на одной плоскости единичными многоугольниками без зазоров, в котором всякие парные сегменты имеют либо общую сторону, либо точку, но иногда у них вообще не имеется точек соприкосновения. Рассмотрим. Какими же геометрическими формами возможно покрыть плоскость?

I. Паркетный пол из единообразных правильных многоугольников

Основное и самое важное правило, необходимое для создания напольного покрытия это сумма всех углов в многоугольнике обязательно должна быть 360 градусов. Следовательно, сумма всех углов n -угольника равна

$180 \times (n-2)$. Все углы

правильного

многоугольника

равны; то есть

всякий из них

$= 180 \times (n-2) / n$. В

любой

вершине

орнамента сходится

целое число углов;

поэтому

число

2×180 должно быть

целым кратным

числа $180 \times (n-2) / n$.

Разность $n-2$

может быть равно 1, 2 или 4;

поэтому $n = 3, 4$ или 6. Как итог мы можем

получить напольные покрытия (рис.1)

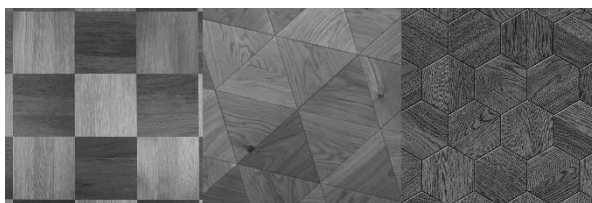


Рис. 1. Паркеты из одинаковых правильных многоугольников

Помимо всего хочется отметить, что кроме самих геометрических фигур на восприятие паркета влияет и другая не менее важная характеристика, а именно – его цвет. И именно цвет способен создавать иллюзию, что паркет состоит из семиугольников, восьмиугольников, девятиугольников и т.д.

II. Паркеты из смешанных правильных многоугольников (полуправильные)

Определим сколько таких сегментов могут прикасаться в каждой точке. Значит, угол каждого элемента должен быть в пределах от 60 градусов до 180. То есть число многоугольников, которые прилегают к точке должно соответствовать двум условиям больше $(2 \times 360) / (180)$ и меньше $(6 \times 360) / (60)$.

Для наглядности распишем возможности, выкладки паркетного пола исходя из различных сочетаний и расположений

правильных многоугольников:
 (3,12,12); (4,6,12); (6,6,6);
 (3,3,6,6) – 2-е вариации;
 (3,4,4,6) – 4-е вариации;
 (3,3,3,4,4) – 4-е вариации;
 (3,3,3,3,6); (3,3,3,3,3,3), надо

пояснить, что цифры в скобках - обозначают сегменты, лежащие в соприкосновении во всякой вершине: 3 - равносторонний треугольник, 4 - квадрат, 6 - правильный шестиугольник, 12 - правильный двенадцатиугольник. (рис.2) Далее представлены некоторые напольные покрытия вида полуправильные.(рис.3)

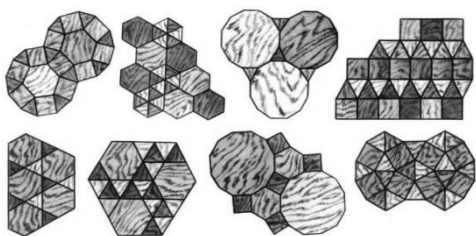


Рис. 2. Паркеты из разных правильных многоугольников (полуправильные)



Рис. 3. Паркеты из разных правильных многоугольников (полуправильные)

Хотелось бы сказать, что ранее упомянутые орнаменты были выполнены на базе многоугольников, но надо понимать, что они могут быть выполнены из фигур имеющие более замысловатый вид. Например, паркет голландского художника Мориса Эцера. Все элементы его паркета схожи с животными, птицами и пресмыкающимися. Жирными линиями обозначены

основные геометрические фигуры (прямоугольник, ромб, треугольник), которые были взяты за основу имеющихся образов животных. А тонкими стрелками уже обозначен участок, по которому будет осуществляться параллельный перенос. (рис.4)



Рис. 4. Фрагменты из картин Эшера «Птицы», «Рыбы»



Рис. 5. Паркет в технике Эшера.

Реальный вид паркетного покрытия, выполненного в данном методе (рис.5). Все вышеупомянутые напольные покрытия относятся к виду периодические, то есть они создаются с помощью параллельного переноса ряда объектов, которые в дальнейшем складывается полноценный паркетный пол. Но существует вид неперiodический кладки: спиральное замощение 9угольниками, которые было изобретено немецким математиком Фодербергом и английским математиком Пенроуза(рис.6). Этому виду характерно Непериодическое деление плоскости с регулярно повторяющимися структурами имеющие вид ромбов с углами 72 и 108 градусов или 144 и 36 градусов. Именно данный паркет или как будет правильнее назвать деревянная мозаика подчиняется пропорциям «Золотого сечения», а именно, что первые попавшиеся стоящие ближе друг к другу ромба не будут иметь общую сторону и не смогут образовать параллелограмм. Данный вид выкладки назван именем Роджера Пенроуза.

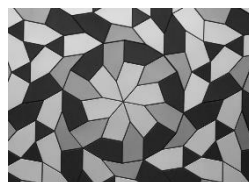


Рис. 6. Паркет вида неперiodического замощения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *И.Ф. Шарыгин* "К 70-летию со дня рождения". 2007.
2. *Киселев И.А.* Московский художественный паркет (конец XVIII-начало XX века)//*И.А. Киселев: Академия (Academia)*, 2006. - 698 с.
3. А. Н. Колмогоров. Паркетные из правильных многоугольников // Квант. — 1970. — № 3.
4. Ю. А. Шашкин. Паркетные // МИФ. — 1998—99. — № 3.
5. . О. Михайлов. Одиннадцать правильных паркетов // Квант. — 1979. — № 2. Архивировано 22 мая 2013 года.

Студентка 1 курса 54 группы ИСАКуклева А.А.

Научный руководитель – доц., канд. арх., доц. А.А. Фаткуллина

ВЛИЯНИЕ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ НА АРХИТЕКТУРУ

При огромном разнообразии архитектурных сооружений современного мегаполиса все чаще в проектах жилых комплексов, промышленных зданий, офисов используется теория фракталов для придания неповторимости, своеобразия и художественно-образного смысла проектируемому объекту (рис. 1).

Благодаря появлению фрактальной геометрии в архитектуре сформировалось новое направление проектирования, которое можно назвать как осознанная фрактальность архитектурных форм.

Теория фракталов весьма молодая, ставшая популярной в 1977 году, когда впервые была опубликована книга «Фрактальная геометрия природы». Ее автор, американский математик Бенуа Мандельброт, еще в 1975 году ввел понятие «фрактал», определяя, что он происходит от латинского причастия *fractus*. Соответствующий глагол *frangere* переводится как ломать, разламывать, т. е. создавать фрагменты неправильной формы [1].

В современном мире понятие «фрактал» (рис. 2) употребляется исключительно для обозначения геометрических построений объектов, получаемых из бесконечного множества самоподобных фигур.

В архитектуре конца XX в. использование фрактальной геометрии происходит исключительно на уровне вдохновения для создания формы нового объекта. Для более четкого понимания сути фракталов необходимо понять, какими свойствами они обладают, какие бывают их типы и целесообразно ли дальнейшее применение этой теории в архитектуре.

Обращаясь к теории фракталов важно понимать ее основные принципы:

- самоподобие (когда каждая часть целого аналогична самому

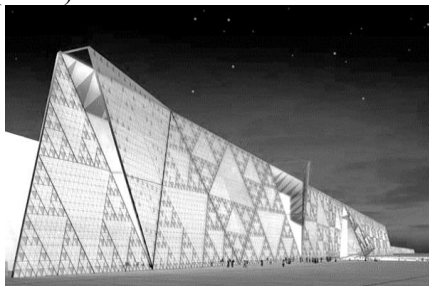


Рис. 1. Использование фрактала в

проекте Великого Египетского музея

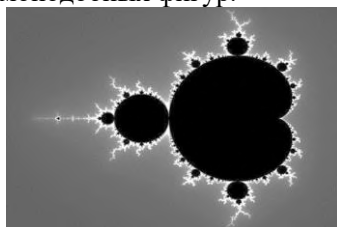


Рис. 2. Классический образец

фрактала «Множество

Мандельброта»

целому);

- динамичность, способность к саморазвитию (т. к. в природе нет статичных состояний и фиксированных размерностей);

- нерегулярность, характеризуемая зависимостью сложности фрактальной текстуры фигуры от масштаба (с увеличением масштаба на всех уровнях фигуры будут располагать равномерно сложные очертания);

- рекурсивность;

- дробность.

Фракталы делятся на следующие группы: геометрические, алгебраические и стохастические.

Одно из понятий фракталов гласит, что это геометрическая фигура, состоящая из частей, являющихся уменьшенной копией целого [2]. На её базе образована первая группа – геометрические фракталы. Главными представителями данной категории являются (рис. 3): кривая Пеано, снежинка Коха, треугольник Серпинского, пыль Кантора и т. д.

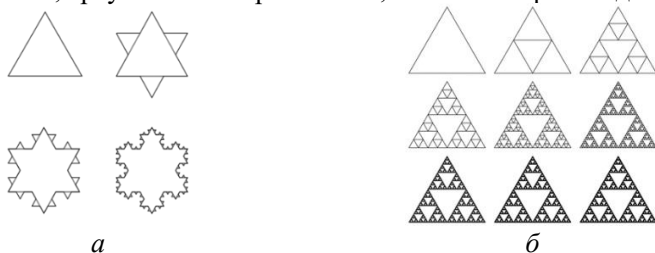


Рис. 3. Геометрические фракталы: а) снежинка Коха; б) треугольник Серпинского

Все они получены благодаря повторению определенной очередности геометрических построений с использованием точек и линий.

Менее явные в архитектуре алгебраические фракталы. Их можно увидеть при проведении расчетов в ходе проектирования как отдельных зданий, так и комплексов, находя свое воплощение в алгебраических выражениях, формулах.

Стохастические фракталы можно наблюдать как в проектировании, так и в природе на более крупных объектах, таких как береговая линия или дельта реки. Такие фракталы могут быть применены не только к отдельному зданию, а целому кварталу или даже городу [3].

Фрактальный принцип развития природных и геометрических объектов, присутствуя в архитектуре далеко до его введения и научного описания Бенуа Мандельбротом, все более глубоко проникает в архитектуру. Так, следуя законам природы, предшественники современных архитекторов на интуитивном уровне создавали фрактальные здания (рис. 4.а). В наше время, вместе более глубоким осознанием единства человека с природой, приходит постепенный

процесс интеграции эстетически приятных естественных форм в строительстве. И проявление фрактальной теории в архитектуре тому подтверждение. Это обусловлено, прежде всего тем, что современные архитекторы, вдохновившись сложной геометрией фракталов, опираясь на научную основу теории фракталов, воплощают природные и фантастические математические образы простыми формами. Примером может служить Tienda Departamental Liverpool Insurgentes – успешный универсам в Мехико. На его создание архитекторов воодушевили фракталы и муаровый узор, благодаря чему он стал так известен (рис. 4.б).



Рис. 4. Фракталы в архитектуре: а) Храм Василия Блаженного; б) Tienda Departamental Liverpool Insurgentes

Таким образом, фрактальная теория вносит существенный вклад в понимание и выражение красоты природы в строительстве. Современный научный подход с применением теории фракталов, с ее дальнейшим развитием может быть применен для развития архитектуры, как гармоничное слияние архитектуры и природы в единое целое с окружающей средой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Б. Мандельброт. Фрактальная геометрия природы.* – М.: Институт компьютерных исследований, 2002, 656 с.
2. *Федер, Е. Фракталы / Е. Федер.* – М.: Мир, 1991. – 260 с.
3. *Красота фракталов / Х.-О. Пайтген, П.Х. Рихтер.* – М.: Мир, 1993. – 176 с.
4. *Горнова П.Ю, Кондратьева Т.М. Фрактальные структуры на разных уровнях городской среды / Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. НИУ МГСУ. – Москва., 2020. С. 659-661.*
5. *Шенбергер Т.Е., Кондратьева Т.М. Фракталы в архитектуре уникальных зданий и городской застройке / Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. НИУ МГСУ. Москва, 2018. С. 366-368.*

Студенты 1 курса 82 группы ИСА Мальянова Ю.Д., Хорунжий В.Д.

Научный руководитель – ст. преподаватель Степура Е.А.

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

На олимпиадах по начертательной геометрии участникам часто предлагают для решения задачи, в которых требуется создать геометрические объекты с заданными характеристиками. Как правило, это различные поверхности, проекции которых необходимо получить в ходе решения [2]. Для того, чтобы справиться с такими заданиями, студенту необходимо не только владеть стандартными алгоритмами и способами решения типовых задач, но и хорошо знать теоремы планиметрии, способы преобразования проекций, а также теорию геометрических мест [4].

Рассмотрим задачу конструирования поверхности пирамиды заданных размеров. Условие: построить проекции пирамиды, основание которой находится в плоскости P общего положения, заданной следами; основание пирамиды представляет собой правильный шестиугольник, вписанный в окружность диаметром D ; высота пирамиды имеет длину L и проходит через центр основания. Задача достаточно просто решается применением способа совмещения при построении фигуры основания (вначале шестиугольник основания строят в натуральную величину в совмещенном положении плоскости P); а натуральную величину высоты легко построить, применив способ вращения вокруг проецирующей оси. Подобные задачи достаточно просто решаются с применением различных способов преобразования проекций: в ходе построений элементы формы заданной поверхности приобретают частное положение, что позволяет изображать натуральные величины граней, ребер, высот и других элементов геометрического объекта, а затем переходить к их проекциям.

Более сложными в решении являются задачи, в которых необходимо определить различные геометрические места и использовать их совместно, например, построив линию пересечения полученных поверхностей [1]. Напомним, что геометрическим местом (далее: ГМ) называют систему точек, удовлетворяющую заданным геометрическим требованиям. Например: геометрическое место точек (далее: ГМТ), одинаково удаленных от некоторой точки – это сфера; ГМТ, равноудаленных от четырех точек – это центр сферы, на поверхности которой находятся данные четыре точки; ГМ прямых, наклоненных к заданной прямой под углом A и пересекающих эту прямую в определенной точке, есть поверхность прямого кругового конуса; и т.д. Конструирование ГМ точек и прямых представляет собой увлекательный процесс, требующий от студента хорошо развитого пространственного мышления [5].

Рассмотрим задачи, решение которых сводится к построению ГМ.

Задача 1. Построить точку В, удаленную от фронтальной плоскости на расстояние m , от горизонтальной плоскости на расстояние n и расположенную от заданной точки А на расстоянии R . Решение задачи представлено на рис.1. Используем способ геометрических мест. ГМТ, удаленных от фронтальной плоскости на расстояние m , служит параллельная ей плоскость P , расположенная на данном расстоянии. Аналогично, на расстоянии n от горизонтальной плоскости находится второе ГМТ: точек, равноудаленных от этой плоскости проекций (плоскость Q). ГМТ, удаленных от А на заданное расстояние, представляет собой сферу, радиус которой равен этому расстоянию. Чтобы точка В приобрела заданные параметры, необходимо, чтобы она одновременно принадлежала плоскостям P , Q и поверхности указанной сферы. Положение точки В определяется пересечением этих трех ГМ. Задача может иметь одно решение (если бы прямая ВС касалась поверхности сферы) или два решения (рис.1).

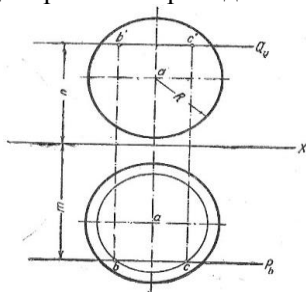


Рис. 1. Решение задачи 1.

будет плоскость Q , проведенная через точку А параллельно плоскости P . ГМ прямых, удаленных от точки В на расстояние R и проходящих через точку А, будет прямой круговой конус, касательный шару радиуса R с центром в точке В, имеющий вершину в точке А. Необходимо найти прямую, являющуюся линией пересечения конуса и плоскости Q , проходящей через его вершину А.

Для построения линии пересечения [3] выберем любое нормальное сечение конуса, например, проходящее через точку В. Построим след плоскости Q на плоскости этого нормального сечения и отметим точку пересечения следа с окружностью сечения. Для этого через точку В на оси конуса (АВ) проведем плоскость S перпендикулярно оси конуса. Линия пересечения Q и S является следом плоскости Q на плоскости нормального сечения.

Задача 3. Провести плоскость P , удаленную от точки С на расстояние R , через прямую АВ. Плоскость, проходящая через АВ и касательная сфере радиуса R , будет удалена от центра С на расстояние, равное радиусу сферы. Для построения касательной плоскости, необходимо провести цилиндрическую поверхность, касающуюся сферы; ось цилиндра должна быть параллельна АВ. Плоскость P должна быть касательной поверхности этого цилиндра. Горизонтальный след

плоскости P (P_n) пройдет через горизонтальный след прямой AB по касательной к горизонтальному следу заданной цилиндрической поверхности.

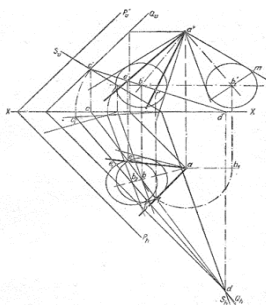


Рис. 2. Решение задачи 2.

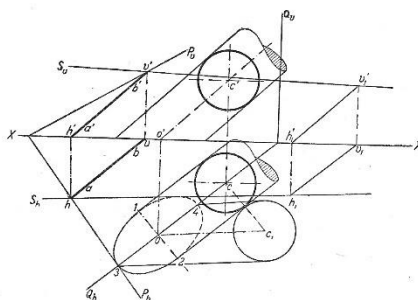


Рис.3. Решение задачи 3.

Вывод: хорошее знание способов создания объектов с заданными геометрическими характеристиками необходимо будущему инженеру при конструировании и расчете различных поверхностей, используемых при проектировании современных зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дамаскина С.Н., Новикова Д.В. Торые поверхности в строительстве. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2018. С. 310-312.

2. Гусарова Е.А., Спирина Е.Л., Макаришев В.Д. К вопросу о свободных параметрах и их числе в параллельных проекциях, предназначенных для построения изображений объектов строительства и архитектуры. Инновации и инвестиции, 2018. № 1. С. 219-222.

3. Полежаев Ю.О., Фаткуллина А.А., Борисова А.Ю. Геометрические модели сопряжений квадрик на фрагментах архитектурных объектов. Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 18-23

4. Полежаев Ю.О., Борисова А.Ю. Геометрография – язык визуализации структурируемых объектов. Монография / Москва, 2015.

5. Степура Е.А. Выбор учебного материала для углубленного изучения дисциплины «Начертательная геометрия». // Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. № 11-2 2020 г. с.42-46.

ГЕОМЕТРИЯ В АРХИТЕКТУРЕ ДРЕВНЕРУССКОГО ЗОДЧЕСТВА

Тесная взаимосвязь архитектуры и геометрии простирается сквозь все времена и берёт своё начало ещё в 5 веке до нашей эры. Углубляясь в историю, можно узнать, что родоначальниками геометрии были древние греки, которые переняли навык египтян – «землемерие». Тем самым греческие учёные превратили этот навык в строгую научную математическую дисциплину. «Прочность – польза – красота» – известнейшая формула древнеримского зодчего Витрувия, определяющая главные постулаты архитектурного искусства. Безусловно, главенствующую роль в формировании «пользы» и «прочности» строительства играет геометрия и математика в целом. Геометрия, как и архитектура, сопровождает человека с незапамятных времен. Ни один из видов искусств так тесно не связан с геометрией как зодчество.

Со времен Древней Руси не осталось почти никаких документов, письменных источников и описаний, дающих нам точное представление о этапах и способах проектирования и строительства. Только анализируя дошедшие до нас сооружения, мы можем сформировать представление не только о культуре тех времен, но и о методах и технологиях древних зодчих. Если в наше время у современных специалистов есть множество инструментов и платформ, с помощью которых они могут разработать, развить и представить свои проекты, то у древних мастеров с этапом проектирования возникали проблемы. Поэтому формообразование постройки не заканчивалось на стадии проектирование, а продолжалось до самого конца строительства. Лишь для очень важных построек зодчие разрабатывали модели для образца, в основном же чертили небольшие схемы на досках или просто на выровненной расчищенной площади, на земле.

Следующим этапом был чертеж в натуральную величину, т.е. очертание границ здания на строительной площадке. Делалось это почти так же, как и в наше время, колышками и натянутой между ними веревкой. Только если в наши дни такую разметку делают уже по точному конкретному и окончательному плану, то в те времена разработка проекта еще конкретизировалась и изменялась. То есть формообразование шло параллельно строительству.

При выполнении чертежа на доске в распоряжении зодчего были линейка и простейший циркуль. На земляной площадке роль линейки и циркуля выполняли рейка и натянутый шнур. Кроме этого при

проектировании мастер использовал метод пропорций, который в течение многих тысячелетий широко используется в архитектуре и как рабочий инструмент в процессе проектирования и возведения зданий, и для гармонизации геометрической формы сооружения.

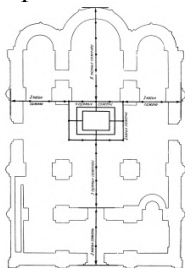


Рис. 1.

Последовательность разработки плана Успенской Елецкой церкви.

Древнерусские мастера за неимением единой меры измерений выработали систему пропорций. При таком методе единица измерения была не так важна, зачастую она была связана с человеческими пропорциями. Как показывают исследования отправным элементом в строительстве была квадратная клетка. Правильность построений прямых углов проверялось равенством диагоналей квадрата, которые в свою очередь позволяли получить двойную площадь. То есть использовалась «соизмеримость длины стороны и диагонали квадрата».

Древнерусскими зодчими часто использовались соотношения «египетского» треугольника. Длины катетов его равны трём и четырём единицам, а длина гипотенузы будет составлять 5 выбранных единиц измерения. Использование этой пропорции позволяло размечать и строить правильные углы.

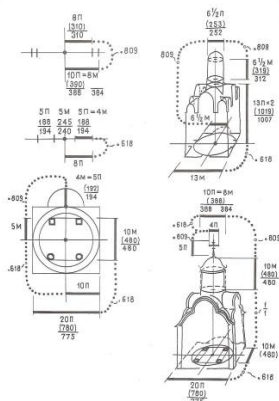


Рис. 2 Анализ церкви Рождества Перынского скита в Новгороде [4]

размерами частей здания

Следует отметить, что исследования доказали знание древнерусских зодчих того, что площадь правильного восьмиугольника больше примерно на 20% площади квадрата, имеющих одинаковый периметр. Таким образом, из одинакового количества строительного материала при возведении здания церкви восьмиугольной формы в плане, получится больший объём внутреннего пространства, чем объём внутреннего пространств здания квадратного в плане. Высота различных частей храма была связана определёнными соотношениями с горизонтальными

размерами частей здания

Анализ большого количества дошедших до наших дней архитектурных творений древнерусского зодчества показывает использование строителями пропорций «золотого сечения». Такое

пропорционирование пришло из Руси из Греции через Византию. В основе него лежит соотношение диагонали и сторон прямоугольника со сторонами 2:1 и ряды геометрических прогрессий с «золотым множителем».

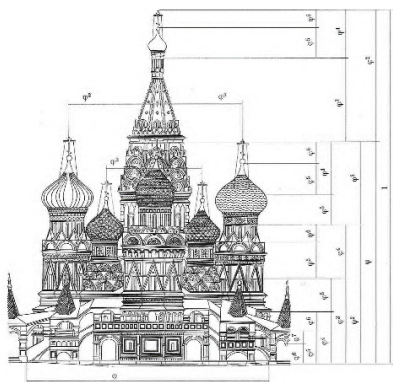


Рис. 3. Принцип «золотого сечения» в храме Василия Блаженного

В X веке возник крестово-купольный тип храма, заимствованный у Византии, который получил широкое распространение в русской православной церкви. Наружное убранство храмов имело в себе несколько хорошо различных элементов, для которых основами служили геометрические формы. Полукруглые пристройки, так называемые апсиды; круглые и многогранные башни над основной частью храма; купол, представляющий собой форму полусферы

В заключении следует отметить, что геометрия всегда играла огромную роль в проектировании и строительстве. Способы формообразования, установление оптимальных и гармоничных пропорций разрабатывались зодчими столетиями. Все технологии построения архитектурных форм основывались на знаниях прикладной математики и проверялись опытом не одного поколения архитекторов и проектировщиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *И.Ш. Шевелев*. Геометрическая гармония. Опыт исследований пропорций в архитектуре; - Кострома: Полиграфиздат, 1963 г. -109с.
2. *Тиц А.А.*; М., Стройиздат, 1978 г. «Загадки древнерусского чертежа».
3. *Коробко В.И.*; Москва, Издательство Ассоциации строительных вузов, 1998г. «Золотая пропорция и проблемы гармонии систем»
4. *Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П.* Золотое сечение: три взгляда на природу гармонии. – М.: Стройиздат, 1990. – 343 с.
5. *Шевелев И.Ш.* Принцип пропорции: О формообразовании в природе, мерной трости древнего зодчества, архитектурном образе, двойном квадрате и взаимопроникающих подобиях. – М.: Стройиздат, 1986. – 200 с.

Студентка 1 курса 63 группы ИСА Мерзлякова П.О.

Научный руководитель – доц., канд.техн.наук, доц.Т.М. Кондратьева

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Число 1,618 является уникальным числом, именуемым также числом ФНН. Оно может быть получено из последовательности Фибоначчи, оно встречается в природе, искусстве и архитектуре. Все живые существа обладают физическими пропорциями, приблизительно равными числу ФНН. «Божественная пропорция» встречается в соотношении диаметра каждой из спиралей головоногого моллюска наутилуса к диаметру его следующей спирали. Спиралеобразно закрученные листья початка кукурузы, спиралеобразное расположение семян в подсолнечнике, спирали рукавов галактик во Вселенной; размеры сегментационных частей тела насекомого; соотношение мужских и женских особей в улье – присутствие золотого сечения повсеместно и удивительно. Именно поэтому его стали воспринимать в качестве строительного камня Господа Бога, который использовал его, творя природу, жизнь и красоту. Геометрический смысл Золотого сечения заключается в том, что большая часть отрезка относится к меньшей так же, как и весь отрезок относится к большей части: это отношение примерно равно 1,618 [1].

Архитектура Античности и эпохи Возрождения по сей день восхищает простых обывателей, является духовной музой для современных архитекторов, а также выступает эталоном и «учителем» для будущих специалистов, только осваивающих законы архитектурного жанра. Многие произведения мирового искусства выстроены на пропорциональных отношениях золотого сечения, что справедливо и для современной архитектуры [1,2].

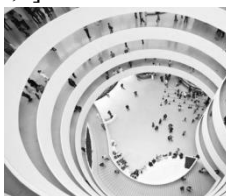


Рис. 1. «Золотая» спираль в музее Гуггенхайма в Нью-Йорке стало революционным решением в архитектуре середины XX в.

Архитектура XXвека имеет свои особенности и тенденции, причиной чему стали достижения в области естественных наук и строительной техники, а также появление новых строительных материалов и инженерных инноваций. Открывшиеся

новые возможности для архитекторов XXвека вдохновляли их на уникальные и революционные идеи, одной из которых является идея органической архитектуры [3]. Так, например, американец Фрэнк Ллойд Райт (1867-1959) спроектировал музей Соломона Гуггенхайма в Нью-Йорке, который снаружи представляет собой опрокинутую спираль, а внутри напоминает раковину наутилуса (рис. 1).

Подражание природе мы также встречаем в работах польско-израильского архитектора ЦвиХекера (р. 1931), который известен своим акцентом на геометрию и асимметрию. Оригинальную идею спиральной конструкции подсолнечника он воплощает в проекте школы им. Хайнца Галински в Берлине (1995 г.). Также как и соцветие подсолнечника, школа имеет центр, от которого все элементы архитектурного строения расходятся по спиральным кривым (рис.2) . Благодаря такой имитации растения классные комнаты освещены в течение всего дня. Таким образом, «мудрость» Природы помогает творить «умную» архитектуру с динамичным и органичным характером.



Рис. 2. Школа им. Хайнца Галински похожа на лепестки подсолнечника, расположение которых связано с числом ФНН.



Рис. 3. Здание ООН в Нью-Йорке представляет собой три «золотых» прямоугольника

Ярким примером использования золотого сечения в современной архитектуре является творчество знаменитого архитектора Ле Корбюзье (1887-1965), который выступил одним из проектировщиков здания ООН в Нью-Йорке (рис. 3). Когда было завершено строительство штаба-квартиры ООН, то мировая общественность признала ее образцово-показательным зданием современного дизайна в архитектуре.

Также Ле Корбюзье известен тем, что изобрел собственную систему мер на основе золотого сечения, но с современным содержанием.



Рис. 5. Вид снаружи и изнутри Марсельской жилой единицы демонстрирует пространства, основанные на пропорциях золотого сечения

Примером тому могут служить вилла Савой в Пуасси на окраине Парижа (рис. 4), Марсельская жилая единица: экстерьер и интерьер зданий основаны на пропорциях золотого сечения.

Вилла Савой воплощает в себе технологические достижения и изменения

XX века. Прозрачность стен, роль которых выполняют большие окна; расположение несущих стен, позволяющих легко менять планировку интерьера: Вилла Савой стала смелым воплощением идей Ле Корбюзье, благодаря которым она является национальным памятником архитектуры Франции. Семнадцатизэтажный жилой комплекс из 337 квартир 23 типов в Марселе поднят на мощных опорах. Проект был экспериментом Ле Корбюзье с серией идей в областях стандартизации и методов строительства (рис.5). В сердце проекта находится концепция: свободная постановка в пространстве многоэтажных зданий. Проект оказал влияние на множество построек по всему миру.

«Каждый шаг цивилизации – это сумма прошлых событий, в результате чего прошлое является неотъемлемой частью будущего» – так понимал золотое сечение итальянский художник Марио Мерц (1925-2003), и запечатлевал его в своих уникальных творениях. Мерц использовал свойство знаменитой последовательности Фибоначчи в качестве символа прогресса искусства и общества (рис.6).



Рис. 6. Работу Марио Мерца, изображающую последовательность Фибоначчи в виде спирали, можно увидеть на станции метро в Неаполе

«Божественная пропорция» – основа мироздания, фундамент жизни, остоу красоты и надежности, колыбель эволюции архитектурной мысли. Искусство и архитектура – это «очеловечение» законов Природы, игра по ее законам, это попытка имитировать красоту Природы и ее «мудрость». Поэтому нет ничего удивительного в том, что так много примеров использования «божественной пропорции» в архитектуре и искусстве в целом [4,5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Многоугольник / Энциклопедический словарь юного математика / Сост. А.П. Савин. – Москва: Педагогика, 1989. – С. 199-203.
2. Пидоу Д. Геометрия и искусство. – Москва: Мир, 1979. – 332 с.
3. Корбалан Ф. Золотое сечение. Математический язык красоты. – Москва: Де Агостини, 2014. – 160 с.
4. Иващенко А.В., Кондратьева Т.М. Использование проективных конфигураций на проективнографических чертежах для совершенствования метода формообразования в архитектуре и дизайне // Инновации и инвестиции. 2018. № 7. С. 165-169.
5. Иващенко А.В., Кондратьева Т.М. О методе формообразования в архитектуре и дизайне, основанном на многоядерных проективнографических системах // Инновации и инвестиции. 2017. № 8. С. 132-136.

ГЕОМЕТРИЯ В ОГРАНКЕ АЛМАЗОВ

Необработанные алмазы имеют неровную форму и серый цвет, они практически без блеска, с включениями и примесями.

Обрабатывать камни люди научились не одну тысячу лет назад, но история огранки именно алмазов началась сравнительно поздно. Главная причина тому – их необычайная твердость. По шкале эталонных минералов твердости Мооса алмаз – самый твердый минерал. Поэтому до начала XV века гранить их не удавалось. Их просто шлифовали, потом постепенно научились подпиливать, но камни оставались мутными [1,2].

Первые огранщики алмазов появились в Индии, они высекали из самоцвета восьмиугольник, что считалось священным ритуалом. К XIV веку в Европе появились мастера, вырезающие на алмазах грани, которые придавали камням блеск [3,4], .

Эффект взорвавшейся бомбы в мире огранки бриллиантов произвел математик Марсель Толковский в 1919 году. Он был первым, кто применил неинтуитивный, а точный инженерный расчет и физические законы отражения света для огранки бриллиантов (рис. 1).

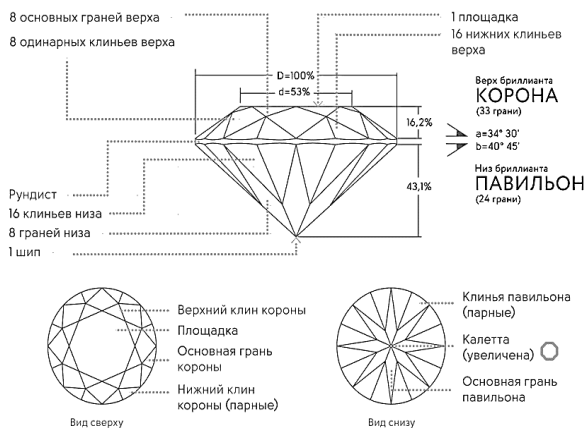


Рис. 1. Идеальная огранка Толковского

Разрабатывая свою огранку, сверху Толковский расположил плоскую площадку (корону), основание (павильон) сузил практически до острого кончика (каллета), по периметру расположил пояс (рундист) и дал изделию 57 граней. При этом корона имеет высоту 16,2% от величины диаметра и 33 грани, павильон – 43 % от диаметра и 24 грани, диаметр

площадки - 53% диаметра, угол наклона основных граней верха и низа также четко просчитаны.

Толковский провел исследования того, как влияет размер и расположение граней бриллианта на общий блеск камня. Он точно просчитал все размеры и нашел четкие пропорции при огранке павильона, чтобы входящий в камень пучок света целиком дважды отражался от внутренних граней с противоположных сторон алмаза и выходил наверх, создавая эффект вспышки.

Это разложение света на спектральные цветные составляющие и является основой "игры" алмаза. Фактически бриллиант является сложной призмой, разлагающей пучок белого света на цветные лучи (рис.2).

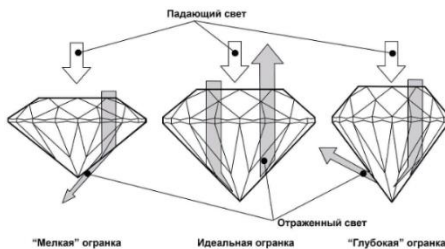


Рис. 2. Отражение света в огранке Толковского

Огранку Толковского называют «Идеальной». Однако, чаще всего на практике применяют так называемую «Практическую» огранку, которая позволяет наиболее рационально использовать алмазное сырье. Она близка к идеальной рассчитанной, но отличается от нее (табл. 1).

Таблица 1 Расчеты «Практической» огранки

Тип огранки	высота рундика, от Ø	Углы наклона осн. граней к Спундиста		Высота камня, % от Ø			площадь, % от Ø	соотнош. верх и низ
		из	верх	верх	из	бш.		
Идеальная	,5	0,7°	4,5°	6,2	3,1	0,3	3,0	:2,7
Практ. I тип	,4	8,6°	5,6°	6,0	9,9	7,3	5,3	:2,5
Практ. II тип	,5	0,1°	3,1°	4,0	2,1	7,6	7,1	:3,0
Практ. III тип	,3	1,7°	2,8°	0,0	4,6	0,9	9,0	:4,5

Существует 3 вида огранки (фацетная, круг и кабошон), которые насчитывают более 250 разновидностей (рис. 3). Сама по себе огранка

камня состоит исключительно из геометрических фигур, которые и делают любую огранку уникальной и неповторимой.



Рис. 3. Самые распространенные формы огранки бриллиантов

В основном грани представляют собой правильные многоугольники, у которых все стороны между собой равны, а также равны все углы между смежными сторонами [3,4], .

В настоящее время ювелиры, следуя вдохновению, не останавливаются на достигнутом и разрабатывают всё более сложные формы огранки крупных камней, значительно усиливающих их игру. Так для камней более 1 карат используют огранку «Хайлайт-Кат» на 73 грани (фацета), а для более крупных - «Королевскую» с 86 фацетами (49 сверху, 37 внизу), а также уникальную «Величественную» огранку с 102 фацетами [5], .

Те бриллианты, которые мы сегодня видим в ювелирных украшениях, это не просто алмаз, прошедший заводскую обработку. Это результат долгой, кропотливой и точной работы ювелиров, где каждая доля миллиметра или градуса угла имеет огромное значение на игру света в готовом изделии, где ошибка в расчетах может повлечь существенное снижение цены украшения лишь из-за того, что даже из-за этого малейшего просчета свет будет отражаться уже не так ярко.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильев Л.А., Белых З.П.* Алмазы, их свойства и применение. – М.: Недра, 1983.
2. *Гураль С.К.* Драгоценные камни. – М.: Эксмо, 2011.
3. *Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В.* Технология обработки алмазов в бриллианты. — Учебное пособие для сред. ПТУ. — М.: Высшая школа, 1987.
4. *Лагутенков А.А.* Большая энциклопедия. Драгоценные камни. – М.: АСТ, 2018.
5. *Милашев В.А.* Алмаз. Легенды и действительность. – М.: Едиториал УРСС, 2020.

ГЕОМЕТРИЯ УНИКАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ БЮРО SAMOOARCHITECTS&ENGINEERS

SAMOOArchitects&Engineers – это глобальная южнокорейская архитектурная компания, предоставляющая услуги в различных сферах проектирования и инженерии. Выигрывая одни из самых значимых дизайнерских премий (RedDot, IDEA и iFDesignAward)[2], бюро подтверждает уникальность своих многочисленных проектов как с точки зрения внешнего вида, так и со стороны практического применения того или иного объекта.

Архитектура бюро SAMOOArchitects&Engineers известна своими неповторимыми формами и необычными дизайнерскими решениями. Убедимся в этом, рассмотрев несколько знаменитых проектов компании – Экориум Национального экологического института в Сочхоне, частный дом в Кёнгидо, художественный музей «Бук Сеул» – с точки зрения их геометрических форм.



Рис. 1.1. Экориум
Национального экологического
института



Рис. 1.2. Один из биомов
Экориума

*Экориум Национального экологического института, Сочхон,
Южная Корея*

Проект Экориум, созданный группой архитекторов бюро SAMOOArchitects&Engineers и компанией Grimshaw в 2013 году, представляет собой уникальный по своей физической форме инновационный экологический объект, включающий 5 климатических зон общей площадью 33 тыс. кв. м. Здание Экориума было вдохновлено U-образной формой озера Оксбоу, образованного вследствие эволюции эрозии извилистой реки. Пять идентичных корпусов проекта соединены транзитным перекрытым подиумом, по которому посетители могут

свободно перемещаться из одного биома в другой[1]. На проектном плане каждое здание имеет форму полуокружности, а в объемно-пространственном отношении представляет собой сферический клин, визуально напоминающий дольки апельсина (рис. 1.1.).

Каркас корпусов состоит из прочных стальных арок – мегаструктур, которые способны выдержать значительную массу системы остекления, состоящей из крупных стеклянных панелей. Массивную конструкцию также поддерживают связанные поясами жесткости системы горизонтальных ленточных ферм, обеспечивающие боковую устойчивость и целостность и наклонные вертикальные опоры, соединенные с основной аркой, которые гарантируют защиту от ветровых нагрузок (рис. 1.2.).

Такое сложное архитектурное решение обусловлено стремлением добиться максимального естественного освещения для поддержания состояния экосистем и уменьшить расход потребляемой энергии. Для тех же целей наклонные стеклянные поверхности были оснащены желобами для сбора дождевой воды, используемой впоследствии в системах охлаждения.

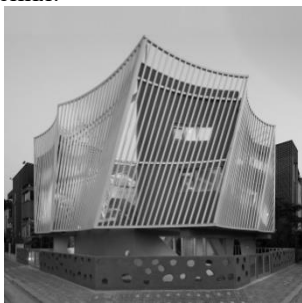


Рис. 2.1. Частный дом в Кёнгидо



Рис.2.2. Внутренний облик дома

Частный дом в Кёнгидо

Компания SAMOO Architects&Engineers разработала проект жилого дома с планировкой так называемого «слоеного пирога», чтобы осуществить довольно сложную и многофункциональную задумку. Структура здания представляет собой замысловатую композицию различных геометрических фигур, абсолютно ассиметричных по отношению друг к другу. Изначально проект предполагал наличие сада, однако архитекторы смогли подойти к решению этого вопроса весьма креативно. По территории постройки общей площадью 230 кв. м были распределены фрагменты сада в разнообразных формах – оранжереи, палисадники, сад на крыше, внутренний сад[1] – которые были

«вставлены» трапециевидными, прямоугольными, треугольными участками со стеклянными ограждениями.

Еще одной особенностью этого дома можно назвать эко-экран, который окружает здание абсолютно со всех сторон (рис. 2.1.). Эко-экран – это сложная конструкция, состоящая из алюминиевых труб, которые способны отражать солнечные лучи и обеспечивать защиту от уличного шума. Обтекаемость и динамичность формы данной структуры имеет схожесть с традиционной корейской конструкцией крыши, только в более масштабном и усложненном виде.

Благодаря огромному количеству многогранников, являющихся основой всего здания, архитекторам удалось добиться эффекта плавного перехода из внешнего пространства во внутреннее, а с помощью многоплановой системы лестниц – с одного этажа на другой. Некоторые комнаты представляют собой ячейки – выступы в стенах дома, имеющие вид наклонной призмы и параллелепипеда (рис. 2.2.). Нижний этаж состоит из нескольких призматических секторов, включая прямоугольные и треугольные площадки-подиумы, каждый из которых соединен открытым пространством[3]. Большая часть помещений в доме оснащена глухими и створчатыми окнами прямоугольной, квадратной и ромбовидной формы[5]. Такое сложное конструктивное решение привело к образованию многогранных ломаных поверхностей перекрытий и переплетений балок и других опорных конструкций, что в совокупности способствовало формированию неповторимого архитектурного пространства.

В заключении стоит отметить, что основой всех сложных проектов архитектурной компании SAMOO Architects&Engineers являются хорошо известные нам геометрические фигуры, правильная планировка и оригинальное применение которых позволяют создать уникальные шедевры современной архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интернет-ресурс: <https://www.archplatforma.ru>
2. Интернет-ресурс: <https://www.samoo.com>
3. Язык архитектуры постмодернизма / *Дженкс Ч.*; Перевод с английского *А. В. Рябушина, М. В. Уваровой*; Под редакцией *А. В. Рябушина, В. Л. Хайта*. — Москва: Стройиздат, 1985. — 136 с.
4. Интернет-ресурс: <https://www.e-architect.com/section/korea>
5. Интернет-ресурс: https://studopedia.net/3_61897_arhitekturnie-formi-vidi-arhitekturnih-form.html

РОДСТВЕННОЕ СООТВЕТСТВИЕ. ПРИМЕНЕНИЕ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Родственное соответствие устанавливается между фигурами и их проекциями при параллельном проецировании их с одной плоскости на другую; оно характеризуется следующими свойствами: 1) любой точке исходной плоскости соответствует родственная точка другой плоскости; 2) прямая на одной плоскости имеет родственную прямую на другой плоскости, причем эти прямые либо пересекаются на оси родства, либо параллельны одна другой; 3) отношение отрезков, определяемых тремя точками на одной прямой, равно отношению соответствующих отрезков на родственной ей прямой; 4) две параллельные прямые первой плоскости имеют пару родственных параллельных прямых второй плоскости; 5) отношение параллельных отрезков первой плоскости равно отношению родственных параллельных отрезков второй плоскости. Родственное соответствие является частным случаем аффинного соответствия. [2].

Если обе родственные фигуры вращать и совместить с одной плоскостью, то после совмещения они сохраняют родственное соответствие. Это правило позволяет строить проекции родственных фигур в плоскости чертежа, не применяя параллельного проецирования. Отрезки, попарно соединяющие соответствующие точки совмещенных родственных фигур, будут параллельны, а их направление называется направлением родства.

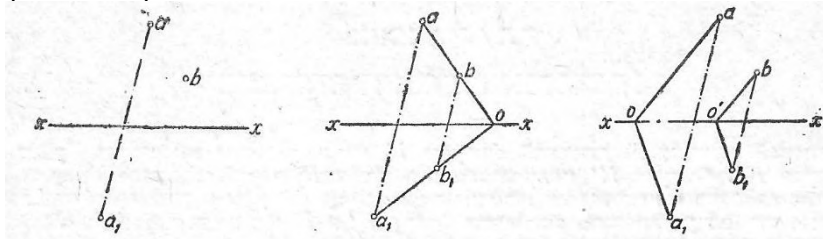


Рис. 1. Приемы построения точки, родственной заданной.

Исходя из свойств родственного соответствия фигур, используют различные приемы построения фигуры, родственной исходной [5].

Если задана ось родства и пара родственных точек, то для построения точки, родственной некоторой точке В, можно провести прямую АВ и воспользоваться точкой пересечения ее с осью родства, чтобы построить родственную ей прямую. С помощью направления родства, на этой прямой построим точку, родственную точке В. Построение изображено на рис. 1.

Другой прием основан на свойстве родственного соответствия для параллельных прямых. В этом случае, через точку А проводят произвольную прямую и строят родственную ей прямую. Дальнейшие построения понятны из рис. 1.

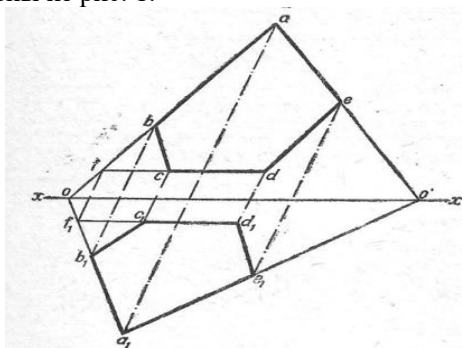


Рис. 2 Построение фигуры, родственной заданной

Рассмотрим задачу, представленную на рис.2. Необходимо построить фигуру, родственную заданной (пятиугольнику). Заданы пара родственных точек и ось родства. Продолжая стороны пятиугольника до пересечения с осью родства, с помощью пары родственных точек и направления родства, находим родственные проекции прямых и точки на них и получаем фигуру, родственную заданному пятиугольнику.

Интересно отметить, что ортогональные проекции любой плоской фигуры находятся в родственном соответствии с оригиналом и между собой [3]. Ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования, поэтому свойства родственного соответствия вполне применимы при решении задач в ортогональных проекциях. [1]. Рассмотрим решение задачи: построение сечения наклонной призмы плоскостью общего положения (рис.3). В сечении призмы должен получиться многоугольник, вершины которого находятся на ребрах призмы. Проекции вершин будут родственными в данном родстве. Определим ось родства, используя точки пересечения проекций соответствующих прямых плоскости сечения (М и L). Через фронтальную проекцию точки К проведем прямую (t2), параллельную фронтальным проекциям ребер призмы. На горизонтальной проекции найдем прямую (t1), родственную этой прямой. Построим горизонтальные проекции прямых, родственных фронтальным проекциям ребер призмы. Они должны быть параллельны проекции прямой t1, так как параллельность прямых есть инвариант (постоянное свойство) родственного соответствия. Полученные прямые пересекут горизонтальные проекции ребер призмы в точках 1,2,3. Это будут вершины треугольника сечения, фронтальные проекции которых строят с помощью линий связи, совпадающих в данной задаче с направлением

родства. Решение с помощью закона родственного соответствия получается проще, чем с применением алгоритма пересечения ребер с плоскостью или способов преобразования проекций [4].

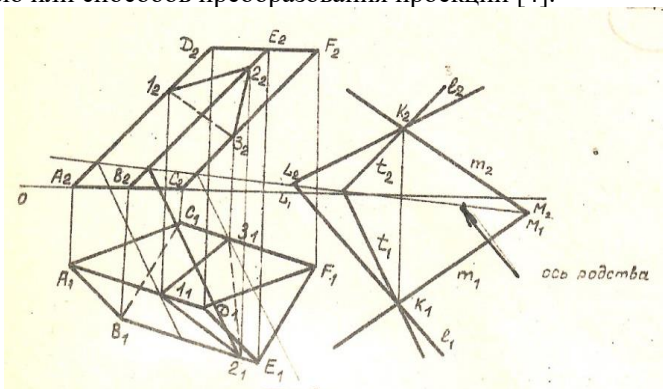


Рис. 3. Построение сечения призмы.

Вывод. Умение распознать в геометрических задачах родственные соответствия, позволяет глубже понять учебный материал и подойти к решению типовых задач с новой позиции. Такой подход во многих случаях эффективен, так как упрощает решение некоторых задач и сокращает количество построений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бенца В.В., Графов А.Г. Сложные случаи пересечения поверхностей. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2020. С. 635-637.

2. Охлопков А.Н., Евсеев С.А. Вопросы симметрии. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 769-771.

3. Полежаев Ю.О., Кондратьева Т.М., Борисова А.Ю. Геометрические модели гармонизма в композициях элементарных концентричных фигур. [Вестник МГСУ](#). 2011. № 2-2. С. 372.

4. Степура Е.А. Выбор учебного материала для углубленного изучения дисциплины «Начертательная геометрия». // Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. № 11-2 2020 г. с.42-46.

5. Тепляков А.А., Ваванов Д.А. Конструирование поверхностей с двумя семействами световых линий при помощи топологических преобразований сферы. [Вестник МГСУ](#). 2013. № 9. С. 149-152.

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ГАСПАРА МОНЖА

Гаспар Монж (1746-1818), выдающийся французский ученый [5], в судьбе которого сошлись основные силовые линии эпохи – член Конвента, морской министр Французской республики, основатель и директор знаменитой Политехнической школы в Париже, ближайший советник и друг Наполеона Бонапарта, участник его походов в Италию и Египет, помимо общественной деятельности и трудов во многих областях науки и техники, заложил основы дифференциальной геометрии поверхностей и создал «язык техники» - начертательную геометрию. Ученый был уверен, что практические методы, которые дал этот предмет инженерам, так же важны для народного образования, как чтение, письмо и арифметика [1].

Первым шагом 14- летнего Монжа в науку было составление точного плана его родного городка Бон.. Выполненный юным Монжем план города удивил специалистов: его называли чудом графического искусства. Полковник Мезьерской королевской инженерной школы, случайно оказавшийся в Боне, оценил талант сына мелкого торговца и предложил юноше поступить на учебу в это престижное учебное заведение. Ни в одном университете того времени не преподавали физику и математику на таком высоком уровне, как в военных инженерных школах; кроме того, в них изучали фортификацию, архитектуру, строительное дело. Но, как представитель третьего сословия – торговцев, юноша был зачислен только в дополнительный класс. Самостоятельно работая в библиотеке школы, Монж стремился постичь науки на уровне основного класса. Занимаясь резкой камней и выполнением из гипса архитектурных конструкций, он самостоятельно работал в области стереотомии – резки камня, и пытался свести многочисленные практические приемы этого мастерства в единую научную систему. Изучая трактаты по фортификации и военному делу, Монж увидел, что важнейшая задача дефилирования местности – использования рельефа при создании укреплений, решалась полуэмпирическими методами: путем долгих рутинных расчетов, при этом непременно с выходом военного инженера на местность, для составления и уточнения чертежей рельефа. Получив задание по дефилированию местности, Монж впервые в мировой практике применил разработанный им графический метод решения такого рода задач и сумел убедить руководство школы в его геометрической точности и эффективности. Монж показал, что не эмпирический или аналитический подбор положения плоскостей оборонительного сооружения, а именно построение наклонной

плоскости дефилады, проведенной по касательной к наибольшей высоте на местности и, при этом, проходящей через две точки внутри крепости, даст необходимое решение. Две точки внутри укрепления выбирают таким образом, чтобы угол падения плоскости дефилады был минимальным (при этом пути сообщения внутри укреплений также будут иметь малый уклон); объемы насыпей укрепления также должны быть наименьшими, что сократит сроки и трудоемкость строительных работ. При этом, всем оборонительным сооружениям крепости придают тот же наклон к плоскости дефилады, какой они имели бы по отношению к горизонтальной местности. Новый способ решения фортификационных задач произвел такое впечатление на руководство школы, что двадцатилетний Гаспар Монж был назначен репетитором (ассистентом) кафедры математики, а разработанный им метод был засекречен и преподавался более десятилетия только в военных школах Франции. В своих лекциях молодой преподаватель развивал новую область геометрии - начертательную геометрию. Конспекты слушателей Политехнической школы, основателем которой был Г.Монж, легли в основу изданной только три десятилетия спустя книги Г. Монжа «Начертательная геометрия» (1795-1799г.г.), которая во Франции приобрела популярность такого же уровня, как басни Лафонтена. Работая в Мезьере, занимаясь вопросами оптимизации земляных работ при создании выемок и насыпей (мемуар «Теория выемок и насыпей»), Монж вводит понятия конгруэнции и линий кривизны, применяет как аналитические, так и графические методы к изучению кривых линий и поверхностей, разрабатывает теорию сооружения сводов [3]. Им написан «Мемуар о радиусах кривизн и различных родах перегиба кривых двойкой кривизны». Его первое сочинение по теории поверхностей «Приложение анализа к геометрии» (1795 г.) положило начало дифференциальной геометрии, как отдельной области науки [4], которую впоследствии развил К. Гаусс в работе «Общее исследование о кривых поверхностях» (1827).

Следующий мемуар Монжа, опубликованный в Записках Туринской академии, представлял качественно новый подход в описании поверхностей. И Ньютон, и Эйлер пытались разрабатывать классификацию поверхностей на основе аналитических уравнений, но посчитали эту проблему неразрешимой. Монж подошел к проблеме как практик: он решил вопрос задания поверхности с точки зрения ее создания в материале [2]. Кинематический способ образования поверхностей путем перемещения образующей по направляющим, в зависимости от характера этого движения, оказался настолько плодотворным, что позволил создать стройную классификацию поверхностей на основе закона их образования. В 34 года Г. Монж был

принят в члены Французской Академии наук. Министерство назначило его также штатным экзаменатором морских училищ, для которых он вскоре написал учебник статики.

Вместе с падением Бастилии, рухнул в 1789 году феодальный строй во Франции. В новом правительстве Монжу было поручено морское министерство. Занимаясь вопросами оборонного производства, в 1793 году совместно с Бертолле и Вандермондом, Монж пишет наставление по выделке стали, а затем - фундаментальный труд о литье пушек, снабженный чертежами. Эта книга вскоре была переведена на русский язык с посвящением императору Александру I и стала учебником для русских оружейников.

Вывод. Химия, физика, геометрия, металлургия, металловедение, гидравлика, метеорология: во всех этих областях науки и техники работал гениальный ученый, его занимали даже проблемы зарождавшегося воздухоплавания. Монж поставил геометрию на службу инженерам, развил с помощью разработанных им графических методов теорию механизмов, поставив в основе принцип преобразования движений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дернаков Е.Г., Жилкина Т.А. Геометрия как способ познания мира. В сборнике: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. Сборник докладов. 2014. С.129-131

2. Биец М.С. Криволинейные оболочки как отражение новых концепций трактовки пространства. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2020. С. 638-640.

3. Еремеева А.П., Наумянов Д.Э. Архитектура сквозь призму геометрии. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 772-774.

4. Наимов С. Т. Основы возникновения и развития науки начертательной геометрии. // Молодой ученый. 2014. № 4 (63). С. 1045-1048.

5. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. М.: Наука, 1969. С. 327

ВАРИАНТЫ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ПАРАБОЛОИДА С ПЛОСКОСТЯМИ ПРОЕКЦИЙ

Существуют два типа параболоидов — эллиптический (когда ветви образующей и направляющей и образующей парабол направлены в одну сторону), и гиперболический (когда ветви парабол направлены в противоположные стороны)[1,2,3].

Эллиптический параболоид при соблюдении определенных условий может быть поверхностью вращения. Гиперболический параболоид является линейчатой поверхностью. Эллиптический параболоид по своим свойствам более похож на эллипсоид [1, 5], гиперболический — на однополостной гиперболоид (подобно ему он не только линейчатый, но и имеет отрицательную гауссову кривизну) [3].

Следами параболоидов будем называть линии пересечения этих поверхностей с плоскостями проекций [4].

С точки зрения формы возможных следов у этих параболоидов тоже имеются существенные различия. Эллиптический параболоид, например, может иметь два только следа, если например, его ось совпадает с осью OZ , и он при этом приподнят над горизонтальной плоскостью. В сечении произвольной плоскостью эллиптического параболоида могут быть либо эллипсы (в частном случае - окружности), либо параболы, соответственно, и следами могут быть только эти два варианта конических сечений. Возможные варианты следов эллиптического параболоида:

1) три эллиптических следа (вершина параболоида ниже плоскости H , ось наклонена и выходит в два противоположных октанта).

2) два эллиптических и один параболический след (вершина параболоида ниже плоскости I , и ось наклонена, но не выходит из какой-либо плоскости проекций (V или W)).

3) два параболических и один эллиптический след (вершина параболоида ниже плоскости H , а ось совпадает с осью OZ).

В отличие от эллиптического параболоида, гиперболический имеет всегда три следа, и в этом отношении похож на конус и на однополостной гиперболоид. При этом у него наблюдается большее разнообразие следов, чем у эллиптического параболоида — так, следами могут быть прямая, гипербола, парабола и пара пересекающихся прямых. Эллипсы как следы здесь быть не могут.

Рассмотрим эти ситуации более подробно.

Удобно считать прямые частным случаем в множестве следов, а параболы или гиперболы — общим случаем (при этом парабола более частный случай).

Поскольку эта поверхность является линейчатой, то у нее через каждую точку проходят две прямые. При соблюдении определенных условий можно добиться, чтоб эти прямые были взаимно перпендикулярны, и принадлежали разным плоскостям проекций.

На представленном рисунке показаны варианты следов гиперболического параболоида, среди которых встречается хотя бы одна прямая.

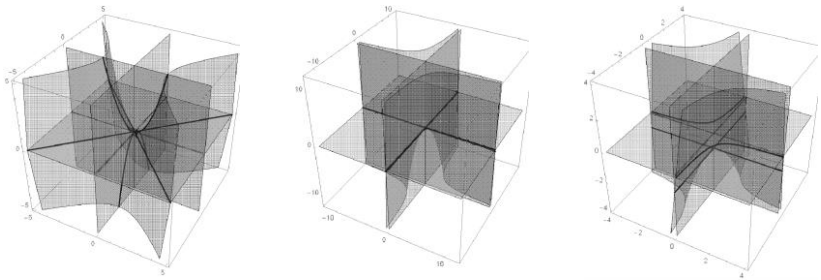


Рис.1 Среди следов гиперболического параболоида имеются прямые

В первых двух случаях (рис. 1, слева и центр) седловая точка совмещена с началом координат, ось направляющей параболы совпадает с осью OZ . В первом случае направляющая парабола расположена во фронтальной плоскости XOZ , а во втором — в плоскости, заданной уравнением $y=-x$. После поворота на 45 градусов обе параболы, бывших в первом случае фронтальным и профильным следами, исчезают, а горизонтальный след, являвшийся пересекающимися прямыми, после поворота стал совпадать с осями абсцисс и ординат. Таким образом каждая из этих двух прямых принадлежит одновременно двум следам. Третий случай (рис.1 справа) получен из второго за счет смещения параболоида вдоль оси OZ . Пересекающиеся прямые, рассматриваемые как горизонтальный след, превращаются в гиперболу, и эти же прямые, но рассматриваемые как фронтальный и профильный следы, смещаются на одно и тоже расстояние вниз, формируя "крест", параллельный горизонтальному следу, т.е. гиперболе.

Теперь рассмотрим более общие ситуации расположения параболоида относительно осей, т.е. следами могут быть гиперболы и параболы, но не прямые.

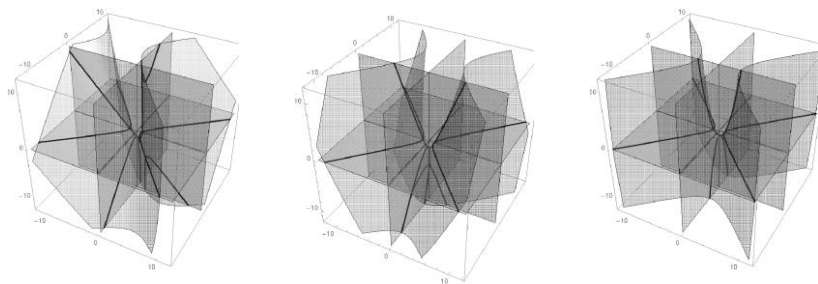


Рис.2 Среди следов этих вариантов расположения гиперболического параболоида имеются только гиперболы и параболы

В первом случае (рис.2, слева) направляющая парабола не принадлежит ни одной плоскости проекций, и поэтому в качестве следов во всех плоскостях проекций будут гиперболы.

Во втором случае (рис.2, центр) ось направляющей параболы не совпадает с осью OZ , но при этом остается в плоскости проекций. Среди следов — две гиперболы и одна парабола (профильный след).

В третьем случае (рис. 2, справа) в качестве фронтального следа будет направляющая парабола, в качестве профильного — образующая парабола, в качестве горизонтального — гипербола. Этот вариант следов получается, если вариант параболоида из рис. 1 (слева) сместить вдоль оси OZ вниз.

Вывод. Гиперболический параболоид как поверхность второго порядка является одной из богатых разнообразием следов поверхностям, уступая в этом отношении лишь конусу и однополостному гиперboloиду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *С.Н.Кривошапко, В.Н.Иванов.* Энциклопедия аналитических поверхностей, М., Изд-во "ЛИБРОКОМ", 2019, 556 с.
2. *Г.Корн, Т.Корн.* Справочник по математике для научных работников и инженеров, М., "Наука", 1974, 832 с.
3. Математическая энциклопедия в 5 томах. Под редакцией *Виноградова*, М., "Советская энциклопедия", 1977-1985гг., Т.4, С.193.
4. *Короев Ю.И.* Начертательная геометрия. Учебник для ВУЗов. М.: Архитектура-С, 2007, 422 с.
5. *Постников М.М.* Лекции по геометрии. Семестр 1. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1973, 755 с.

ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МУСУЛЬМАНСКИХ ХРАМОВЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТОДАМИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрим моделирование большого минарета в г. Болгаре.



Рис. 1. Большой минарет в городе Болгаре

С геометрической точки зрения он представляет собой сложный составной объект, основную часть которого занимают: 1) восьмигранная призма основания; 2) усеченный конус с углом наклона образующей к основанию, близким к 90 градусам; 3) обратно ориентированный усеченный конус, у которого верхнее основание больше нижнего; 4) цилиндр; 5) конический купол; 6) шпиль со сферами и полумесяцем. Основные части дополняются более мелкими, формирующими орнаментальные украшения. [1]

Рассмотрим последовательно процедуру моделирования.



Рис. 2. Модель минарета в 3DМАХ

Вначале смоделируем основание - нижнюю 8-гранную прямую призму. Для этого вначале создаем двумерный shape-объект - а именно **Polygon**, и указываем параметры: **число сторон** = 8, **радиус** = 80. На экране появляется правильный восьмиугольник. Затем переходим на вкладку редактирования, применяем к нему модификатор **Extrude** с параметром **Amount**=49.

Переходим к основному элементу минарета - башне. С точки зрения геометрии, это усеченный конус, на верхнее основание которого установлен перевернутый усеченный конус меньшей высоты. Но средства программы 3DMAX позволяют обойтись построением одного примитива, с дальнейшим его преобразованием в **EditableMesh** и модификацией вершин среднего уровня. Итак, строим примитив **Cone**, и устанавливаем у него параметры - радиусы оснований 61 и 42, а высоту 460. Количество сегментов по высоте должно быть не менее двух, а число условных сторон достаточно взять равным 24. Затем преобразуем этот конус в **EditableMesh**, после чего управление формой с помощью параметров становится недоступным, но зато появляется возможность управлять формой на уровне элементов примитива (вершин, отрезков, граней). После этого переходим в режим редактирования на уровне вершин (**Vertexes**), выбираем все вершины среднего уровня, и равномерно масштабируем их относительно общего центра примерно на 0.8 от первоначального значения. После этого вместо одного усеченного конуса появятся два, верхний из которых является перевернутым усеченным конусом. Перемещаем эти выбранные вершины в положение примерно 4/5 от первоначальной высоты конуса.

Следующие элементы - два относительно тонких кольца на разной высоте будущего минарета. Их можно спроектировать либо посредством невысоких цилиндров подходящего радиуса, либо с помощью торов. [2]

Переходим к верхней части минарета - цилиндру, в верхней части которого пробито несколько прямоугольных окон, равномерно распределенных по периметру цилиндра. Высоту и радиус этого нового цилиндра устанавливаем в пределах 0.7-0.8 от соответствующих параметров основной башни. [3] Для моделирования оконных проемов вначале создадим один пробойник - параллелепипед (**Box**), у которого ширина и высота соответствует параметрам единичного оконного проема, а длина должна превысить диаметр только что построенного верхнего цилиндра. Он пробьет в цилиндре два противоположных окна. Затем необходимо позиционировать этот параллелепипед на высоту, соответствующую ряду окон. В горизонтальной проекции центр этого пробойника должен находиться строго по оси цилиндров. После это переносим в этот центр точку приложения команд редактирования (**PivotPoint**), и применяем команду **Array** (Массив). В качестве

параметров кругового массива указываем угол поворота соседних элементов - 36 градусов, и число элементов - 5. В результате выполнения команды должно появиться 10 пробойников-параллелепипедов. [4]

Теперь можно получить оконные проемы с помощью команды логического вычитания. Первый операнд - это цилиндр, из которого будут последовательно вычитаться параллелепипеды, оставляя после себя оконный проем. Следующий элемент формы минарета - конусообразный купол, построение которого, а также позиционирование на верхнюю грань цилиндра при совпадении осей этих тел вращения не составляет труда.

Завершающая верхняя часть - шпиль, состоящий из тонкого стержня, на который нанизаны две сферы разного диаметра, моделирования и позиционирование которых также можно выполнить обычными средствами построения примитивов. И на самом верху - объемное изображение полумесяца, которое можно получить как минимум двумя разными способами (выдавливанием из нарисованного сплайна или логическим вычитанием из одного невысокого цилиндра меньшего диаметра другого невысокого цилиндра большего диаметра). [5]

На каждом этапе формирования той или иной детали архитектурного объекта, необходимо продумывать наиболее экономный и удобный для проектирования вариант.

Таким образом, средства компьютерного моделирования дают большие возможности в проектировании сложных архитектурных форм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ваванов Д.А.* Компьютерные способы построения храмовых архитектурных форм православных церквей с использованием AutoCAD и 3DMAX. // *Инновации и инвестиции.* М. 2019. №12. С.221-224.
2. *Иконников А.В.* Каменная летопись Москвы. М.: Московский рабочий. 1978. 352 с.
3. *Шубенкова М.Ю.* Компьютерное моделирование как средство архитектурно-исторического анализа. https://marhi.ru/AMIT/2008/2kvart08/Shubenkova/Shubenkova02_AMIT_3_paper.pdf С. 9.
4. *Барчугова Е.В., Рочегова Н.А.* Компьютерные технологии в архитектуре: пленарный доклад // *Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы международной научно-практической конференции 11-15 апреля 2011 г.:* Сб. статей в 2 тт. Т.1. М.: Архитектура. 2011. С. 22-25.
5. *Стародуб Т. Х.* Эволюция типов средневековой исламской архитектуры. М. 2006. 405 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОСТОРОННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ

На сегодняшний день математикам и геометрам известно много односторонних поверхностей. Это, в первую очередь, Лента Мебиуса – неориентируемая односторонняя кольцевая поверхность – простейшая из семейства односторонних, к которым также относятся: Бутылка Клейна, Кросс-кэп, поверхность Боя, Римская поверхность и др. [1]

В настоящее время в строительстве и архитектуре нашла применение лишь Лента Мебиуса. Тем интереснее открываются перспективы для использования разных видов односторонних поверхностей конструкторами и архитекторами.

Многие художники и архитекторы, вдохновляясь односторонней кольцевой поверхностью, создали выдающиеся арт-объекты мировой культуры. Признанным гением, единственным в своем роде, творившем в жанре «невозможной геометрии» по праву считается нидерландский художник Мауриц Корнелиус Эшер. Его гравюры с изображением Ленты Мебиуса являются наиболее известными примерами художественного воплощения данной поверхности. В своем творчестве художник опередил достижения науки: например, изобразил фракталы за несколько лет до официального открытия и ввода в употребление математиками термина «фракталы». [2]

Развитие технологий BIM-моделирования при проектировании и строительстве сооружений, а также появление новых трендов в мировой архитектуре [3] позволили воплотить в реальность смелые мечты архитекторов-футуристов: возводить здания и сооружения, в основе конструктивной схемы которых заложена Лента Мебиуса.

1. Пешеходный маршрут – «Лента Мебиуса» (Москва, Россия).

В скором времени в столице нашей стране – на ВДНХ появится ландшафтный аттракцион в форме «Ленты Мебиуса». Контракт на разработку проекта и изготовление металлических конструкций подписан с отечественной компанией ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ». Форма нормального сечения заполнения пешеходной части конструкции выбрана в виде двутавра. Высота этого профиля меняется пропорционально

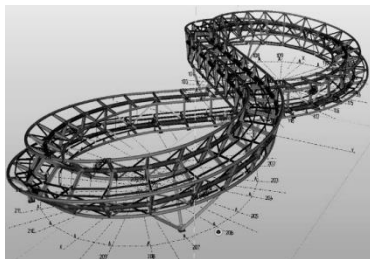


Рис. 1. Конструктивная схема пешеходного маршрута "Лента Мебиуса".

перемещению вдоль оси, имитируя винтовое движение формы.[4] Основных исходным элементом при создании опорной части конструкции каркаса служат гнутые металлические фрагменты труб (рис. 1). Лента Мебиуса, воплощенная в этой конструкции, имеет габариты 27 м х 66 м. Монтаж из собранных крупных фрагментов заводского изготовления начался в августе 2020 г.

1. Мост «Счастливый узел» (Китай, пров.Хунань, г. Чанша).

«Счастливый узел» моста, спроектированного и построенного в 2016 г. нидерландскими архитекторами (мастерская NextArchitect), представляет собой многократно самопересекающуюся форму Ленты Мебиуса. Традиционно в народном искусстве Китая с древности используются различной сложности узлы; в конструкции моста они органично встроены в форму поверхности Мебиуса, создавая переплетение траекторий движения пешеходов, расположенных на разных уровнях. Нетривиальная форма, напоминающая лабиринт, при протяженности 185 м и высоте подъема арки на 24 м, сделали этот объект излюбленным местом прогулок горожан и туристов.

2. Библиотека-национальный культурный центр в Казахстане (проект).

В 2009г. специалисты архитектурного бюро BIGArchitects предложили проект нового национального культурного центра Астаны (Нур-Султан).

Сооружение призвано было в своем облике соединить национальные традиции страны и новейшие тенденции развития. Круглое в плане, с огромным внутренним патио здание символизирует национальный архетип – юрту. Оболочка сооружения плавно изгибаясь формирует Ленту Мебиуса.

3. Международный Медиа Центр в Пекине (Китай).

В 2016 г. в Пекине состоялось открытие Международного Медиа Центра. Структурная форма здания явилась нетипичной для сооружений подобного назначения. Наружная кольцевая оболочка здания, выполненная из стекла и стали, своими металлическими направляющими формирует Ленту Мебиуса. В данном проекте успешно реализован концепт «здания-в-здании»: под обширным стеклянным куполом расположены две изолированные офисные башни цилиндрической формы.

Как видно из проекта, авторы не стремились создать каноничный и аскетичный религиозный объект. Древние каноны буддизма органично переплелись с современной архитектурой сооружения, отражая национальные особенности устремленной в будущее страны.

4. «Ласточкино гнездо» в городе Тайчжун, Тайвань (проект).

Здание, имеющее форму эллиптической спирали сложной замкнутой формы, представляющей один из вариантов Ленты Мебиуса (рис.3), спроектировано архитектором В. Кальбо (Бельгия) в 2012 г. по конкурсному заданию управы города Тайчжун. Требовалось создать на пустыре, где базировался бывший аэродром, большой торгово-развлекательный центр высотой восемь этажей, доминирующий над местностью и застройкой.

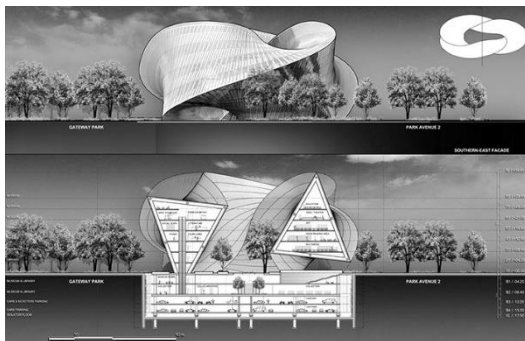


Рис.3 Проект здания "Ласточкино гнездо" г.Тайчжун, Тайвань.

Спираль каркаса соприкасается с землей в трех местах, остальное пространство использовано для просторного патио. Сквозное панорамное стекло, являющееся заполнением каркаса, красиво обрамляет свернутую ленту конструкции. Ее нормальное сечение представляет треугольник. Треугольные секторы каркаса расположены с постепенным смещением (поворотом) вершин вдоль оси спирали, что напоминает продольное вращение ленты. [5]

Вывод: односторонние поверхности, как геометрические формы, обладает значительным потенциалом использования в архитектуре. И нам предстоит стать свидетелями рождения удивительных зданий и сооружений, в основе конструктивной схемы которых заложены односторонние поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чешкова М.А. Односторонние поверхности. Барнаул. Журнал «Известия алтайского государственного университета». 2015. №1-2 (85) с. 164-168.
2. Лебедев Н.А., Фаткулина А.А. Невозможное в архитектуре. В сборнике: Дни студенческой науки. М: изд. НИУ МГСУ 2019. С. 790-792.
3. Симонов М.Д., Жилкина Т.А. Влияние геометрических форм в архитектуре на человека. В сборнике: Дни студенческой науки. М:изд. НИУ МГСУ 2017. С. 276-278.
4. Кравченко Г.М. и др. Эволюция объектовпараметризма. М: изд.Издательский Центр РИОР. Журнал«Строительство и архитектура» 2018. №4 с. 44-48.
5. Еремеева А.П., Наумянов Д.Э.Крылова О.В., Царева М.В. Архитектура сквозь призму геометрии. В сборнике: Дни студенческой науки. М:изд. НИУ МГСУ 2019. С. 772-774.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ УЗОРЫ ПАУТИНЫ

Паук занимается плетением паутины уже более 200 тысяч млн. лет. Существует сорок две тысячи различных видов пауков, и каждый из них плетет паутину по собственной схеме. Паутина является для пауков надежным убежищем, приспособлением для добычи еды, транспортным средством и многим-многим другим важным составляющим для жизни. Природа обеспечила пауков уникальным прядильным аппаратом. Точно определить его конструкцию и состав выпускаемых нитей ученые не могут по сей день. Толщина, липкость и даже оттенок паутины очень различны. Процесс изготовления их продукции таков: пауки надавливают своей железой (бородавкой) это область появления паутины на некую основу, выделяется маленькая часть секрета, который загустев, приклеивается к самому пауку. Затем он вытягивает вязкую субстанцию из специальных трубочек, орудуя своими задними лапками. Затем паук принимается передвигаться с одного места на другое, закрепляя там свою паутину. То есть его полужидкий материал растягивается, образуя нити, и застывает. А далее – ловкость лап и мастерство геометрии (рис. 1).

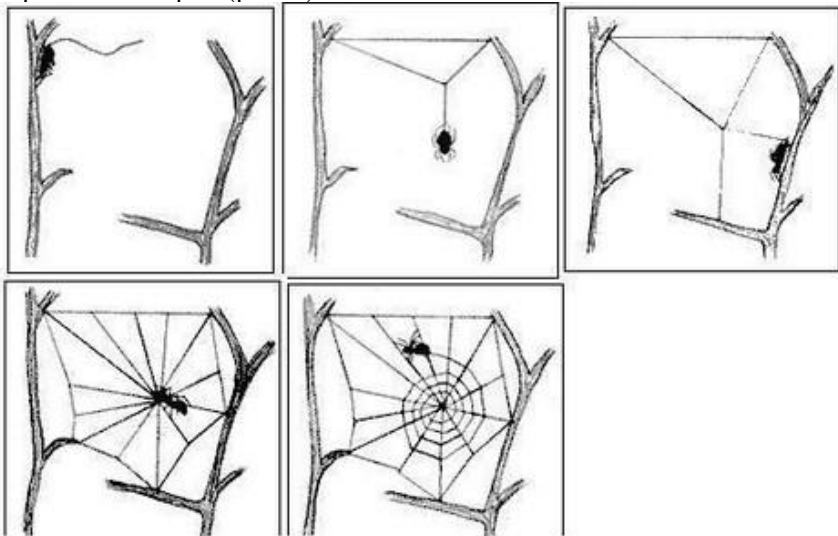


Рис. 1

Пауки плетут паутину почти с математической точностью, хотя под воздействием различных внешних факторов эта точность не всегда

выдерживается. Одна из самых распространенных колесовидная сеть. Она представляет собой окружность, у которой из центра в разные стороны расходятся радиусы-нити, которые скрепляются очень тонким вязкими спиралями (рис. 2). Спираль, которая служит для охоты, делается другими методами. Паук от края перемещается к середине паутины через равные расстояния между витками, и получается спираль Архимеда. Одной из очень интересных и сложных конструкций паутин является паутина гамак. По форме она представляет собой плоские сеточки. От основной сети вверх и вниз тянутся особые вертикальные нити, прикрепленные к находящейся вблизи растительности (рис. 3).

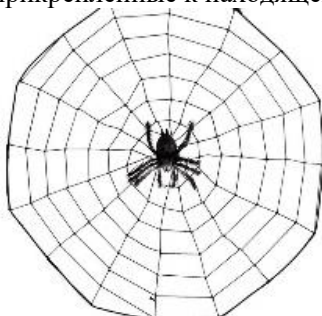


Рис. 2

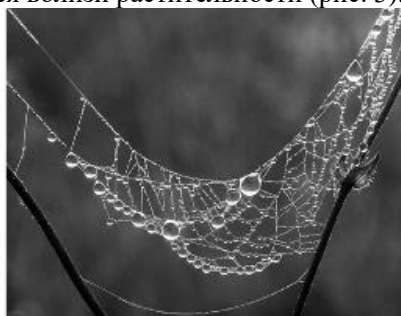


Рис.3

Североамериканский паук-бола использует для охоты одиночную нить-ловушку. На конце такой ниточки располагается капля клея, с помощью которой паук наносит жертве хлесткий удар (рис. 4). Воронковские пауки создают свою паутину в форме конуса. (рис. 5).

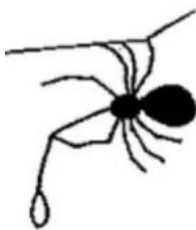


Рис. 4

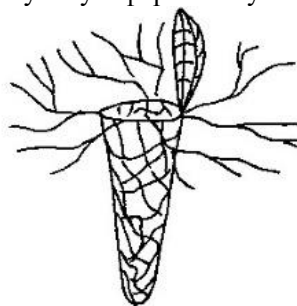


Рис.5

Некоторые разновидности пауков сооружают так называемую "лестницу", она достаточно длинная и используется для повышения эффективности охоты, а также мешки для хранения яиц и различный мусор (рис. 6). Такие пауки, как пауки-круглопряды, пероногие пауки и пауки-тетрагнатида иногда плетут из тонких нитей зигзагообразные узоры. Такой вид паутины называется «стабилиментум». Ученые по сей день не понимают, какую функцию выполняет эта форма

(рис.7). Маленькую удивительную паутину нашли в заповеднике Тамбопата. Она выглядит, как круглый белый забор, который окружает расположенную в центре конусообразную башенку (рис. 8).

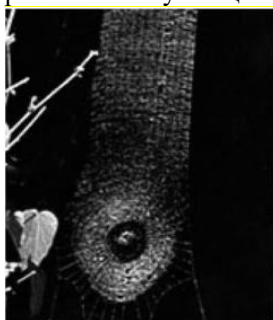


Рис.6



Рис.7



Рис.8

Паутина-удивительный и перспективный материал. Паутина-это самый прочный из известных материалов, который изготавливают живые организмы. Люди научились применять свойства и строение паутины во многих отраслях промышленности. Я думаю, что в будущем ученые смогут воспроизвести и даже улучшить состав и строение паутины, найдут ей еще более широкую область применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журнал «Химагрегаты» Издатель: ООО «Химагрегат-Медиа»
2. Князев М.А. Обыкновенные пауки и их необыкновенная паутина. Юный учёный. 2020 №2
3. Рахимова М.Н. Значение пауков в природе и жизни человека. Современные инновации. 2018. №5
4. Алиева Ф.М. Общая характеристика пауков. Юный учёный. 2020. №2
5. Воропаев В.В. Исследования ловчих сетей пауков на примере вида SNGAHAMATA. Сборник статей Научный форум: Инновационная наука. 2017.
6. Интернет ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
7. Интернет ресурс: <https://parazitdoma.ru/>

*Студентка 1 курса 21 группы ИИЭСМ Шилиманова Е.С.
Научный руководитель – преподаватель каф. НГиГ Е.А.Гусарова.*

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КАРТИНАХ В.В.КАНДИНСКОГО

Знаменитый художник и теоретик-абстракционист Василий Кандинский (1866г-1944г) в своих картинах очень часто прибегал к использованию геометрических образов. Он сам много писал по поводу понимания тонкостей живописи и формообразования. Примером тому является его книга "Точка и линия на плоскости".

Художник с 1922 года начал преподавать в школе Баухауз в Германии в городе Ваймере. С этого момента и началась новая страница в его произведениях "Лирический геометризм", как она была охарактеризована самим автором. Свои эмоции Кандинский смог выразить с помощью геометрии, определённым сочетанием геометрических образов (рис.1; рис.2; рис.3).

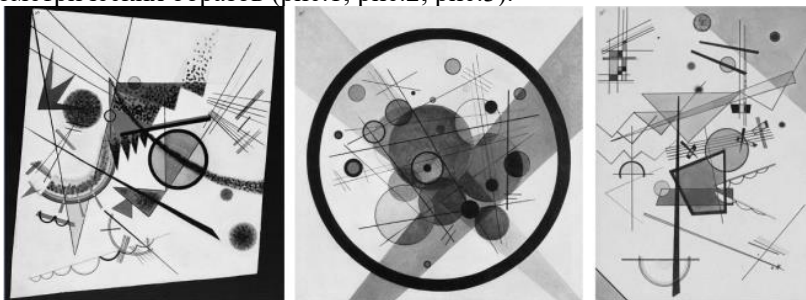


Рис.1 «В чёрном квадрате» 1923г.; рис.2 «Круги в круге» 1923г.;
рис.3 «Мелодичное» 1924г.

Кандинский в первую очередь начал анализировать точку затем линии прямые и кривые. Он называет точку "невидимым объектом", нолею, в котором сокрыты все мыслимые возможности он говорил о средствах, с помощью которых можно увеличить значительности образность точки. Кандинский варьирует с точкой с размером, цветом, экспериментирует её расположением по отношению к линии в плоскости, с цветом чёрного и белого. Он рассматривал точки, как удары кистью по листу, а ещё, как и следы от пуантов в балете. Балерины применяют точку и в прыжке. Классический балетный прыжок производит вертикаль, современный прыжок можно вписать в пятиугольную форму, вершинами которой будут являться голова, две руки, две ступни; при этом пальцы рук оставляют десять мелких точек (рис.4).



Рис.4 «Прыжок танцовщицы Палукки» и его геометрическая интерпретация

Далее художник анализирует линию, величайшую противоположность живописного первоэлемента — точки, и преподносит нам её определение так: «След перемещающейся точки... скачок статики в динамику». Он охарактеризовал ее, как ответный продукт влияния на точку сил извне (то есть воздействие руки художника).

Геометрические основы стали главным образом доминировать в его работах (рис.5; рис.6; рис.7)

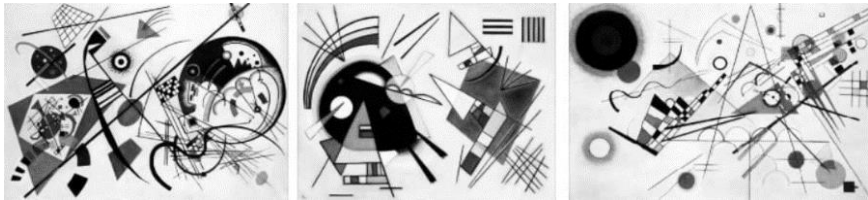


Рис.5 «Поперечная линия»1923г.; рис.6 «Черный и фиолетовый» 1923г.; рис7 «Композиция 8» 1926г.

В полотнах преобладают – окружности, круги, полуокружности, прямые и ломанные линии. С 1925 по 1928 год художник особое внимание уделял кругу — и картина «Несколько кругов», была написана в 1926 году и в ней он целиком сосредотачивается именно на фигуре круга (рис.8.)

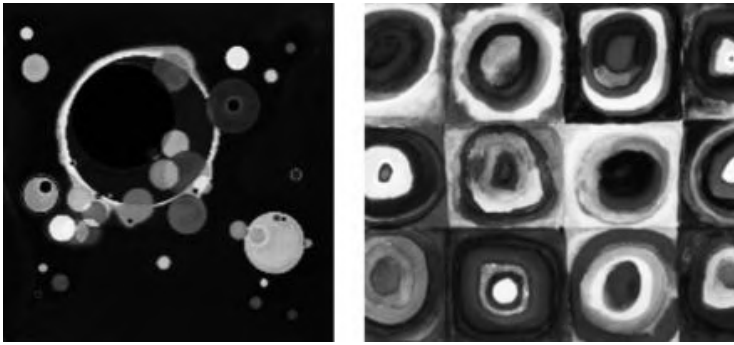


Рис.8 «Несколько кругов» 1926г.; рис.9 «Квадраты с концентрическими кругами»,1913г.

Уже в 1910г.художник перешёл к беспредметной живописи. Когда Василий Кандинский писал свою картину «Квадраты с концентрическими кругами» в 1913году (рис.9), он уже тогда говорил, о своей любви фигуре круга, что круг ему дорог так, как раньше, к примеру, был дорог конь и он заменил коня кругом. Это произведение живописи представляется убедительной иллюстрацией отношения автора к геометрическим формам и показывает взаимосвязь между цветом формой. Каждый из кругов, обогащённых цветом, состоит ещё из нескольких кругов, где цвет служит средством для разделения ещё на несколько кругов, причём цвет здесь – это способ передачи разных психических состояний, вернее, цвет является только знаком определённого состояния. Искусствоведы находят, что работа эта чрезвычайно важна, так как ею Кандинский закончил период анализа и изучения связи геометрии и цвета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дружкова Н.И. Теоретические основы педагогики искусства В. Кандинского // Педагогика искусства. – 2008. – № 4.
2. Кандинский В. Точка и линия на плоскости. – СПб.: Азбука-классика, 2005
3. С. П. Завизион ; Ин-т бизнеса и политики. Москва, 2007
4. Панченко В.В. Композиция, как эстетическая категория в эстетике Кандинского. Альманах современной науки и образования. 2007. № 2. С. 199-201
5. Соколов Б.М. Теория беспредметного искусства у В.В.Кандинского.в 1920-30-х годах.Искусствознание. 2012. № 3-4. С. 171-191

СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Студентка 6 курса 1 группы ИСА Абубякирова Э.С.

Научный руководитель - проф., канд. техн. наук В.А. Люблинский

КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПИЛОНА МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

В качестве объекта исследования мной было выбрано 31-этажное здание с двумя подземными этажами. Надземная часть высотного здания представляет собой односекционный жилой дом со встроенными помещениями общественного назначения, размещенными на 1-ом этаже здания. Корпус запроектирован из 29 жилых этажей, 2 технических и 2 подземных этажей. Размеры здания в осях - 47,2 x 19,5 м. До 9 этажа перекрытие выполняется трапецевидной формы в плане, с 9 по 31 этаж – прямоугольной формы. Конструктивная система – стеновая с вертикальными монолитными железобетонными несущими элементами лестнично-лифтовых ядер жесткости, колонн, пилонов и плоскими перекрытиями.

В результате статического расчета здания в программном комплексе SCAD получено напряженно-деформирование состояние и армирование всех конструкций. В частности, был произведен расчет пилон в осях 9/Ж в специализированной программе SCAD – «Арбат». Расчетные сочетания усилий (PCY) получены из расчета модели с применением системы Монтаж. Программой был сформирован отчет (в статье приведена часть), в котором были приведены результаты расчета (Таблица 1).

Расчеты программой «Арбат» выполняются с учетом предельных состояний первой и второй группы для расчетных сочетаний усилий (PCY), выбираемых автоматически в зависимости от заданных расчетных нагрузок в соответствии с требованиями нормативных документов. Анализируя приведенные в таблице данные, можно заметить, что максимальный коэффициент использования 0.955 был получен в результате проверки прочности по предельному моменту сечения.

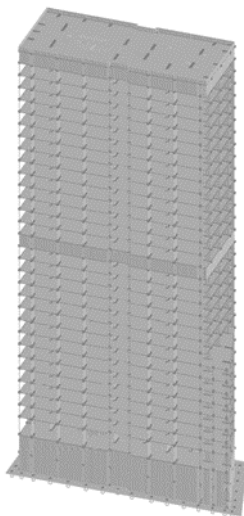


Рис. 1. Расчетная модель

Таблица 1 Результаты расчета железобетонного пилона

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования К
	Прочность по предельной продольной силе сечения	0.822
	Прочность по предельному моменту сечения	0.955
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.733
пп. 8.1.15, 7.1.11	Продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0/i > 14$	0.23
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.296
пп. 8.1.33, 34	Прочность по наклонному сечению	0.306
п. 8.1.37	Прочность сечения при воздействии крутящего момента	0.026
	Сопrotивление арматуры S1 крутящему моменту	0.015
	Сопrotивление арматуры S2 крутящему моменту	0.015
п. 10.2.2	Предельная гибкость в плоскости XoY	0.064
п. 10.2.2	Предельная гибкость в плоскости XoZ	0.254

Само значение коэффициента использования при этом определяет для элемента имеющийся запас прочности, устойчивости или другого нормируемого фактора. Если требование норм выполняется с запасом, то коэффициент равен относительной величине исчерпания нормативного требования (например, $K = 0,7$ соответствует тридцатипроцентному запасу).

В работе [1] приведен коэффициент запаса несущей системы:

$$K = \psi \gamma_m \gamma_n \gamma_f / \gamma_c, \quad (1)$$

где $\psi, \gamma_m, \gamma_n, \gamma_f, \gamma_c$ – соответственно – коэффициент сочетания нагрузок, коэффициенты надежности по материалу, по ответственности сооружения, по нагрузке, коэффициенты условий работы. Предполагается, что (1) дает запас несущей способности системы при линейной расчетной модели. Для нашего конкретного здания можно определить эту величину. Коэффициенты использования программных комплексов увеличивают этот запас. Можно определить величину этого запаса путем пропорционального увеличения внешней нагрузки до «разрушения» наиболее загруженного элемента многоэтажного здания.

При коэффициенте близком к 1, предполагается совпадение расчетного предельного состояния с истинным пределом работоспособности конструкции, хотя в действительности это далеко не так. Истинные коэффициенты запаса больше 1, так как фактический

предел работоспособности отличается от той условности, которая выступает в роли расчетного предельного состояния. Главным образом потому, что реальное исчерпание несущей способности связано с рядом нелинейных эффектов. Из-за этого оценка, полученная с использованием (1) и вычисленная в линейной модели может оказаться совершенно другой – завышенной или заниженной.

Использование метода расчетных предельных состояний не только не определяет поведение системы в эксплуатационной стадии, но и достаточно приближенно оценивает тот запас, который отделяет переход от расчетного (чаще всего условного) предельного состояния к истинному пределу несущей способности системы. Для более уверенных суждений требуется выполнение экспериментов и/или специальных расчетов [2-6], отличных от приведенных в нормативных документах.

Таким образом, мы определим запас прочности несущей системы, который мы и так заложили в расчет, используя коэффициенты надежности метода предельных состояний и насколько увеличивается этот запас, при принятии коэффициента использования меньше 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Перельмутер А.В.* Развитие требований к безотказности сооружений. Вестник ТГАСУ. 2015. №1. С. 94-96.
2. *Tamrazyan A., Popov D.* Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 00162.
3. *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.
4. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.
5. *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.
6. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ПРЕДЕЛЬНОГО ПРОГИБА

На сегодняшний день основная часть зданий проектируется из монолитного железобетона [1-3]. В монолитном строительстве возможно возвести здание любой формы и этажности в краткие сроки.

Здание в целом и отдельные его элементы, подвергающиеся воздействию различных нагрузок, должны обладать:

- прочностью, которая определяется, как способность здания и его элементов не разрушаться от воздействия нагрузок;
- устойчивостью, обусловленной способностью здания сопротивляться опрокидыванию при действии горизонтальных нагрузок;
- пространственной жесткостью, характеризующейся способностью здания и его элементов сохранять первоначальную форму при воздействии на него сил.

Пространственная жесткость и общая устойчивость сооружения зависят от взаимного сочетания и расположения конструктивных элементов, прочности узлов соединений и т.д.

В зданиях с несущими стенами пространственная жесткость обеспечивается:

- внутренними поперечными стенами и стенами лестничных клеток, соединяющимися с продольными наружными стенами;
- междуэтажными перекрытиями, связывающими стены и разделяющие их по высоте на ярусы.

В каркасных зданиях пространственная жесткость обеспечивается:

- совместной работой колонн, ригелей и перекрытий, образующих геометрически неизменяемую систему;

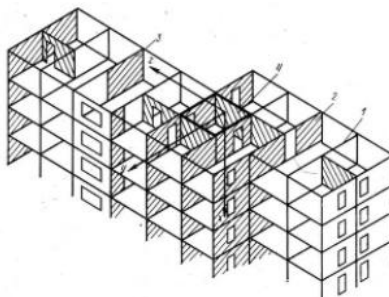


Рис. 1. Схема несущей системы многоэтажного здания
1 – рама; 2 – диафрагма; 3 – рамодиафрагма; 4- ядро [1]

- устройством между стойками каркаса специальных стенок жесткости;
- стенами лестничных клеток и лифтовых шахт;
- укладкой в перекрытии настилов-распорок;
- надежными соединениями узлов.

Пренебрежение взаимодействием между конструктивными элементами и другими неструктурными элементами в здании влияет на соотношение сопротивления и жесткости конструкции [4, 5]. В таком случае, вероятно, что конструкция не обеспечивает необходимую стойкость одновременно, как требуется во время сейсмического воздействия.

Следовательно, необходим дополнительный подход, в котором рассматривается вся система в целом, где все конструктивные, неструктурные и пространственно-образующие элементы здания, считаются взаимосвязанно друг с другом и обеспечивают устойчивость. [6]

При сейсмических воздействиях в диафрагме происходит изгиб, вызванный главными сдвигающими силами. В результате этого, на всей поверхности элемента, вдоль диагональных осей возникают напряжения. Диагональные напряжения сдвига меняют свое направление с изменением сейсмической нагрузки.

При размещении конструктивных элементов в плане необходимо придерживаться условий: обосновать расчетом достаточное количество и сечение диафрагм жесткости для соблюдения требований безопасности и пригодности к эксплуатации; элементы жесткости должны вписываться в архитектурно-планировочную компоновку здания, по возможности совмещать в себе несущую и ограждающую функции. По условиям работы здания и основания повышение жесткости выше предельной является нерациональным.

Снизить жесткость здания до удовлетворяющей условиям устойчивости можно за счет: использования легких материалов; путем перемещения тяжелых весов, то есть попытаться разместить те

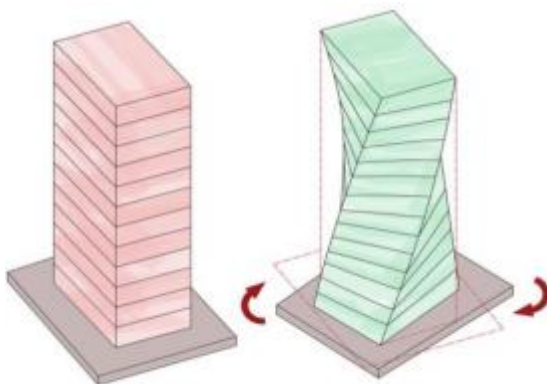


Рис. 2. Крутильные деформации здания [5]

помещения, которые будут нести наиболее тяжелые веса (например, архивы, бассейны, конференц-залы и т.д.), на более низкие уровни; за счет уменьшения количества несущих элементов или их сечений, заменой на колонны и простенки и за счет уменьшения толщин плит перекрытий.

Благодаря снижению нагрузок на основание и уменьшению сечения конструктивных элементов достигается удешевление стоимости и сроков строительства [2]. Оптимизация устойчивости здания должна выполняться с использованием пространственных форм, которые могут привести к созданию здания с четкой и простой структурой, центр напряжения кручения которого совпадает с центром масс.

Здание рассматривается как единое целое, в котором каждый компонент взаимодействует друг с другом во время приложения нагрузки. Это взаимодействие может быть положительным, так и отрицательным. Следовательно, анализ таких взаимосвязей и их совместимость с точки зрения архитектурного проектирования необходимы для выявления наиболее рационального варианта конструкции. [7]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дроздов П. Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. 1977.

2. Алексеев С.И., Камаев В.С. Учет жесткостных параметров зданий при расчетах оснований и фундаментов. Вестник ТГАСУ.2007. №3. С.165-172.

3. Гринев В. В., Цингель П. А. Влияние диафрагм жесткости на деформативность монолитного каркаса. Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2016, Т.2, №3

4. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 00162.

5. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.

6. Giuliani, H., Seismic resistant architecture: a theory for the architectural design of buildings in seismic zones, 2000, 12 WCEE.

7. Mohamed Sherif Mehana, Torsional Behaviour of Irregular Buildings with Single Eccentricity, 2019, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 603 052028.

*Студент магистратуры 1 года обучения 1 группы ИСА Андриян К.Р.
Аспирант МГСУ Крылов В.В.
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук, проф. Н.Н. Трекин*

АНАЛИЗ РАСЧЕТА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ

В современном строительстве получают все большее распространение монолитные железобетонные здания с безригельным, безкапитальным каркасом, где плоские плиты перекрытий постоянной толщины опираются непосредственно на колонны. Данное конструктивное решение даёт существенную экономию материалов, снижение трудозатрат, расширяет возможность формирования различных планировочных решений и технического перевооружения объекта и др.

Одним из основных вопросов при проектировании монолитных железобетонных зданий с безригельным каркасом является расчёт и конструирование стыков колонн с плоскими перекрытиями с учётом современных требований по обеспечению механической безопасности, в том числе защиты от прогрессирующего обрушения, что связано с работой конструкции при кратковременных динамических нагрузках.

Современные нормы проектирования развитых стран имеют существенные различия в расчётных положениях по определению несущей способности монолитных железобетонных плит на продавливание [1-7]. Известно, что по [1] при расчёте железобетонных плит на продавливание без поперечной арматуры исходят из следующего условия:

$$F \leq \alpha R_{bt} u_m h_0$$

где F – продавливающая сила;

α – коэффициент, принимаемый равным для бетона (тяжелого – 1,00; мелкозернистого – 0,85; легкого – 0,8); R_{bt} – нормативные сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний второй группы; u_m – среднearифметическое значений периметров верхнего и нижнего оснований пирамиды, образующейся при продавливании в пределах рабочей высоты сечения; h_0 – рабочая высота сечения [1].

Принимая исследуемый образец с рабочей высотой сечения 8 см и классом бетона В20, получаем предельное продавливающее усилие, воспринимаемое бетоном по СНиП 2.03.01-84*, равное 12364,8 кгс.

Расчёт на продавливание по СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [2] представляет собой соблюдение общего условия:

$$F \leq F_{b,ult} ,$$

где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки; $F_{b,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое бетоном.

$$F_{b,ult} = R_{bt} * A_b ,$$

где A_b – площадь расчётного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $0,5 h_0$ от границы площади приложения сосредоточенной силы F с рабочей высотой сечения h_0 [2]. Выполнив расчёты по СП 63.13330.2018, получаем тоже предельное продавливающее усилие, как и в расчёте по СНиП. Расчёт на продавливание по EN 1992-1-1-2009 «Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций» [3] исходит из соблюдения следующего условия прочности:

$$V_{ed} \leq V_{Rd,c} ,$$

где V_{ed} – расчётное значение поперечного усилия; $V_{Rd,c}$ – расчётное значение максимального сопротивления продавливанию плиты без поперечной арматуры;

$$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} * k * (100\rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,1\sigma_{cp} ,$$

где ρ_l – коэффициент армирования продольной арматурой, определяется по формуле:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} * \rho_{ly}} \leq 0,02$$

f_{ck} – характеристическая цилиндрическая прочность бетона на сжатие в возрасте 28 суток; σ_{cp} – расчётное значение напряжения бетона в пределах рассматриваемого сечения в x- и y-направлениях [6]. Таким образом, выполнив расчёт на продавливание по EN 1992-1-1-2009, расчётное значение максимального сопротивления продавливанию плиты равно 17816,8 кгс. Расчёт на продавливание по нормам США ACI 318-14 «Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary» [4] представляет собой соблюдение общего условия:

$$\varphi V_n \geq V_u ,$$

где V_n – нормативное значение прочности на продавливание; V_u – фактическое значение нагрузки; φ – коэффициент понижения прочности, $\varphi = 0,9$.

$$V_n = \mu * A_{vf} * f_y ,$$

где μ – коэффициент трения, $\mu = 1$; A_{vf} – площадь трения арматуры; f_y – расчётное значение предела текучести арматуры [8, 9]. Принимая класс арматуры A500, получаем значение прочности на продавливание по нормам США ACI 318-14, равное 13829,4 кгс.

Выполнив расчёты, была составлена гистограмма результатов расчёта (рис.1). Таким образом, отечественные нормы дают наименьшее значение несущей способности на продавливание монолитного перекрытия без поперечной арматуры. Особого внимания требует рассмотрение температурных воздействий [10].

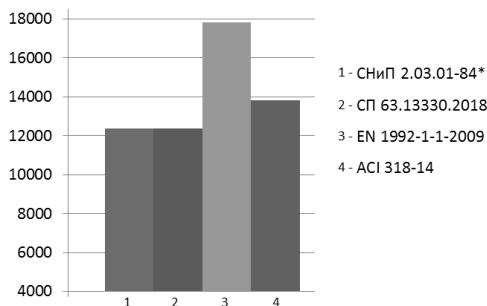


Рис.1 Сравнение результатов расчёта на продавливание

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции.- М.:НИИЖБ Госстроя СССР, 1986.-107 с

2. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.- М.: АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2019.-96 с

3. EN 1992-1-1-2009 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1.- М.: РУП «Стройтехнорм», 2010 – 191 с.

4. АСІ 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. – М.: American Concrete Institute, 2014 – 524 с.

5. *Трекин Н.Н., Крылов В.В.* К вопросу о несущей способности железобетонных плит на продавливание при динамическом нагружении на объектах наземной космической инфраструктуры. // Научный аспект, т. 7, № 4, С.771, 2018.

6. *Петров А.Н.* Экспериментальные исследования бетона при нагружении сжатием и срезом. // Бетон и железобетон, №11, 1965г. С.34-37.

7. *Саркисов Д.Ю., Крылов В.В.* Программа экспериментальных исследований несущей способности безбалочных плит на продавливание при динамическом нагружении. Конструкции опытных образцов» // Строительные материалы и изделия, т. 3, № 3, С.47-53, 2020.

8. *Трофимова В.М.* Анализ методов расчёта безбалочных перекрытий на продавливание//Инженерный вестник Дона.–2019.– №1.–С.24-28

9. *Мкртчян А.М.* Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // Новые технологии. 2013. № 3. С. 135-143.

10. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Экспериментальные исследования внецентренно сжатых железобетонных элементов при кратковременных динамических нагружениях в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 24-28.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СЖАТОГО БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

В нормальных температурно-влажностных условиях длительное нагружение вызывает рост деформаций бетонных образцов и конструкций. Большинство исследований ползучести бетона проводилось в нормальных условиях или при высоких температурах [1, 2, 6]. Однако потребности практики строительства обращают внимание и на ползучесть при знакопеременных температурах [3, 4, 5].

В соответствии с современными представлениями под ползучестью в нормальных условиях понимается медленное накопление пластических деформаций в сжатом бетоне, сопровождающегося его уплотнением. С точки зрения физики процесса — это явление объясняется механическим выдавливанием влаги из структуры цементного камня (капиллярные явления) и вязким течением тела за счет межкристаллического скольжения, в результате которого частицы тела упорядочиваются и уплотняются. При постоянной нагрузке ориентированное состояние твердой фазы тела не меняется. Деформации увеличиваются за счет физико-химических процессов и капиллярных явлений и поэтому постепенно затухают. Деформации нагруженного бетонного образца, одновременно подвергаемого действию циклического замораживания и оттаивания (ЦЗО), могут лишь условно рассматриваться как деформации ползучести.

Настоящее исследование предпринято с целью получения информации о величине и характере деформирования бетона при длительной нагрузке в условиях циклического замораживания-оттаивания.

Ранее в МГСУ были проведены исследования ползучести бетона в нормальных условиях при уровнях нагружения $\sigma_b = 0,25R_b$, $\sigma_b = 0,45R_b$ и $\sigma_b = 0,65R_b$ (образцы 1-ой серии). Чтобы уменьшить объем трудоемких экспериментов принято решение провести аналогичные исследования в условиях ЦЗО (образцы 2-ой серии).

В качестве опытных образцов приняты бетонные призмы размером 100x100x400мм. Бетонные призмы помещаются в силовую установку в термокамере при температуре $T = 15...20^{\circ}C$ и нагружаются до необходимого уровня напряжений. Далее образцы замораживаются до температуры $T = -50^{\circ}C$ и выдерживаются до полного выравнивания

температуры по сечению и длине образцов. Продолжительность одного цикла 12...14 часов. Деформации в ходе кратковременного нагружения и длительного испытания определяются с помощью тензорезисторов базой 50 мм и индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм. База измерений – 270 мм. Возраст бетона к началу испытаний - 120 суток. Данные о маркировке количестве образцов, исследуемых факторов приведены в табл.1.

Таблица 1

Маркировка и условия испытания бетонных призм

Марка призм	Условия нагружения	Уровень нагрузки	Кол-во, шт.
Пр2.1к (+15 ⁰ С)	Кратко временное	До разрушения	2
Пр2.2к (ЦЗО)	Кратко временное	До разрушения	2
П2.3д/0,45-ЦЗО/	Длительное	0,45R _b	2
П2.4д /0,65ЦЗО/	Длительное	0,65R _b	2

Для выявления влияния ЦЗО на длительную деформативность сжатого бетона (серия 2 – призмы марки Пр2) будут использоваться ранее полученные результаты в нормальных условиях (серия 2 – призмы марки Пр1). На рис.1 представлены диаграммы деформирования бетона.

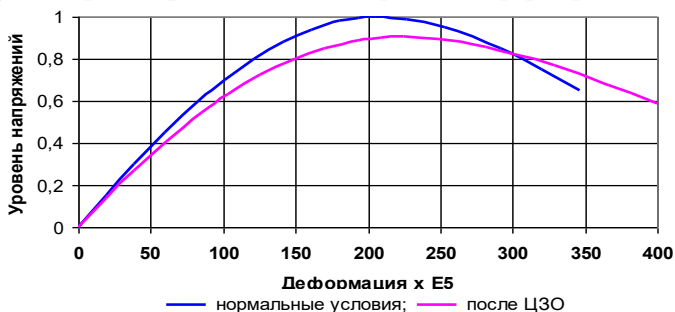


Рис.1. Диаграммы деформирования бетона

На рис.1 представлены результаты ранее проведенных экспериментальных исследований деформаций ползучести сжатого бетона в нормальных условиях. Результаты проведенных ранее исследований показывают, что в конце испытаний при уровне напряжений $\sigma_b / R_b = 0,65R_b$ деформации ползучести в среднем на 80% больше, чем длительные деформации при уровне напряжений $0,25R_b$ и $0,45R_b$.

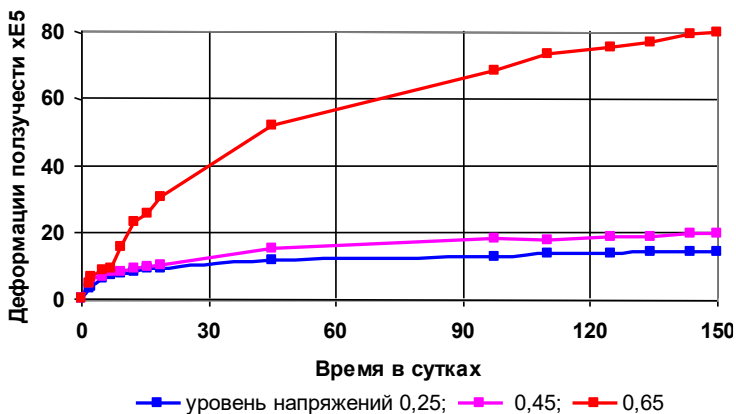


Рис.2. Зависимость деформаций ползучести бетона от времени

Деформации ползучести при $\sigma_b / R_b = 0,25R_b$ и $\sigma_b / R_b = 0,45R_b$ отличаются незначительно. Поэтому принято решение провести исследование ползучести сжатого бетона при двух уровнях напряжения $0,45R_b$ и $0,65R_b$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Есаян С.Г. Механика ползучести бетона: монография М.: МГСУ. 2012. 524 с
2. Карапетян К. С. Ползучесть бетона при высоких напряжениях // «Изв. АН Армянской ССР. Серия физ.-матем., естеств. и техн. наук», т. VI, № 2, 1953.
3. Истомин А.Д. Деформации ползучести бетона при сжатии в условиях малоциклового силового и температурного нагружения. Научно-технический журнал Вестник МГСУ, №2, Т. 1, 2011. с. 142-144
4. Истомин А.Д., Беликов Н.А. Зависимость границ микротрещинообразования бетона от его прочности и вида напряженного состояния. Научно-технический журнал вестник МГСУ, №2, Т.1, 2011. С. 159-162.
5. Алмазов В.О., Амирасланов З.А. Особенности поведения тяжелых бетонов в условиях Арктики // Труды РГУ им. И.М. Губкина №1 (274). 2014. С. 48-55.
6. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.

Студентка магистратуры 1 года обучения 1 группы ИСА

Горюнова М.А.

Научный руководитель – зав. кафедрой ЖБК, проф., д-р техн. наук А.Г. Тамразян

К НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ КОЛОНН С МОНОЛИТНОЙ ПЛИТОЙ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ

В последнее время участились случаи техногенных катастроф, в результате которых в зданиях и сооружениях возникают запроектные нагрузки с дальнейшим разрушением конструктивных элементов. В связи с этим происходит перераспределение нагрузок между оставшимися конструкциями каркаса и, возможно, их последовательное выключение из работы с возникновением лавинообразного разрушения здания [1,2]. Вследствие этого большое внимание уделяется проблеме повышения живучести зданий и их отдельных конструкций [3,4,5].

Одним из способов повышения живучести зданий и сооружений при прогрессирующем обрушении является обеспечение необходимой несущей способности узлов сопряжения колонн с монолитной плитой перекрытия (рис.1). Для этого необходимо рассмотреть работу конструкций до и после возникновения разрушающего усилия, основываясь на особенностях расчета, изложенных в [6].

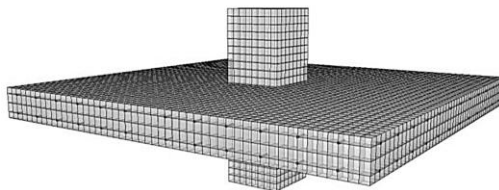


Рис. 1. Модель узла сопряжения колонны и плиты перекрытия

В ряде случаев прогрессирующее обрушение может быть вызвано разрушением плиты перекрытия, произошедшим не от изгиба, а от продавливающего усилия нижерасположенной колонны (рис.2). Известен случай, произошедший в 1995г. в Сеуле, когда в результате продавливания одной из колонн железобетонного перекрытия произошло мгновенное обрушение торгового центра, унеся жизни сотен человек.

В нормальной стадии эксплуатации при действии основных сочетаний нагрузок рассматриваемый узел работает на восприятие усилия продавливания от колонны. Для обеспечения несущей

способности (1) существует ряд конструктивных мероприятий, которые постоянно совершенствуются.

$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} \leq 1, \quad (1)$$

где F , $M_{x(y)}$ – действующие сосредоточенные силы и моменты,

$F_{b,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое бетоном,

$M_{bx(y),ult}$ – предельный изгибающий момент, воспринимаемый бетоном.

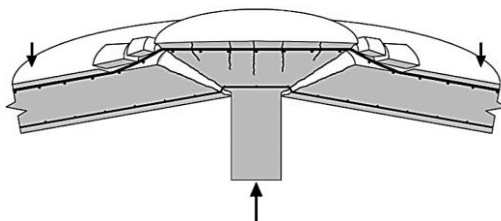


Рис. 2. Механизм разрушения плиты перекрытия от продавливания

В случае, если прогрессирующее обрушение вызвано отказом нижерасположенной колонны меняется расчетная схема конструкции и в узле появляется сила (2), равная обратной реакции R от удалённой колонны с учётом принятого коэффициента динамичности k_d , учитывающего движение конструкций после удаления несущего элемента.

$$P = -R(k_d - 1) \quad (2)$$

С возрастом прогибов напряжения в арматуре плиты перекрытия увеличиваются до значения предела текучести с дальнейшим развитием пластических деформаций, поворотом участков железобетонных элементов и образованием пластических шарниров.

Для восприятия возникающих усилий и предотвращения дальнейшего лавинообразного разрушения каркаса здания при аварийных воздействиях предлагается увеличивать площадь армирования в 2...3 раза по сравнению с вариантом армирования при действии основных сочетаний нагрузок.

В дальнейшем, при детальном рассмотрении вопроса несущей способности при прогрессирующем обрушении, в соответствии с условиями, выдвинутыми в [7-9], необходимо выполнить несколько вариантов расчета в линейной и нелинейной постановке с детальным моделированием узлов.

Анализ проведенных ранее расчетов и экспериментов [10-12] показывает, что методика расчета зданий и сооружений на возникающие

аварийные нагрузки несовершенна и требует дальнейших исследований. Особое внимание стоит уделять учету локальных разрушений каркаса с проведением соответствующих расчетов отдельных несущих конструкций с последующим выявлением конструктивных решений, предотвращающих потерю несущей способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алмазов В.О., Кхой Као Зуй.* Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. – М.: АСВ, 2013. – 128 с.
2. *Тамразян А.Г.* Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
3. *Тамразян А.Г.* Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений // Вестник МГСУ. – 2011. – №2-1. – С. 77-83.
4. *Тамразян А.Г., Дудина И.В.* Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.
5. *Тамразян А.Г.* Ресурс живучести - основной критерий проектных решений высотных зданий. Жилищное строительство. 2010. № 1. С. 15-18.
6. *Барабаш М.* Методика моделирования прогрессирующего обрушения на примере реальных высотных зданий // MOSKLAS – LIETUVOS ATEITIS SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA 2014 6(5)/ pp.520-530.
7. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Метод поиска резерва несущей способности железобетонных плит перекрытий. Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 3. С. 23-25.
8. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. –М.: ГУП «НИАЦ», 2006. – 34с.
9. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. –М., 2005. – 40с.
10. *Tamrazyan A., Popov D.* Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 00162.
11. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.
12. *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.

ПОДАТЛИВОСТЬ ПРИ СДВИГЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЫКОВ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время в России достаточно высок процент возведения крупнопанельного домостроения. Современное возведение по сравнению с советскими домами имеет существенно выше качество, большое разнообразие планировок и увеличение этажности зданий.

Самыми ответственными элементами несущих конструкций являются стыки панельных зданий. Вертикальные соединения воспринимают усилия сдвига и обеспечивают пространственную жесткость [1]. Связи сдвига являются наиболее напряженными элементами и служат механизмом перераспределения усилий в несущих системах зданий [2].

В связи с увеличением этажности возведения панельных зданий вертикальных стыков требуется доработка методики определения податливости связей сдвиге, которая должна учитывать работу в сложном напряжённом состоянии. В настоящее время практически все расчёты выполняются с применением программных комплексов [3].

Сдвигающие усилия в вертикальных стыках в соответствии с [4] следуют воспринимать бетонными или железобетонными шпонками, замоноличиванием арматурных выпусков (бесшпоночное соединение), сваркой закладных деталей, заведением плит перекрытий в платформенные стыки. То есть в вертикальных стыках предусмотрены металлические горизонтальные связи в виде свариваемых арматурных выпусков, закладных деталей; замоноличиванием бетоном арматурных петлевым выпусков; болтовых соединений.

Одним из распространённых вариантов сварных соединения является сварка закладных деталей, объединенных накладкой. Накладки представляют собой металлические пластины и уголки. Наиболее рациональным выполнением вертикального стыка с точки зрения монтажа является применение связей в виде уголков, гнутых из пластин, так как возможно изменять геометрию таких накладок и исключается выполнение монолитных работ. Конструкция связей сваркой закладных деталей является универсальной, так как можно применять в различных условиях и при различной этажности, но недостатком таких стыков является возможность образования коррозии, поэтому в наружных стенах чаще примеряют другие типы связи.

В статье [2] представлены результаты экспериментального исследования традиционного сварного обетонированного стыка на

закладных деталях на сварное усилие. Значимостью данного испытания являются полученные данные зависимости деформации сварного стыка от усилий сдвига.

В [5] представлено исследование бессварного стыка, который, обычно, состоит из трёх элементов – шин, планок и коробок, внутри которых расположен гибкий трос-петля [6]. В результате чего были получены данные о прочности и податливости на всех этапах нагружения и на основе полученных данных построены графики «нагрузка-перемещение». В нормах проектирования пункт 4.2.7 [4] сказано, что такие стыки рекомендуется устраивать в зданиях этажностью до 50 м и при обеспечении общей пространственной жесткости и устойчивости.

Болтовые соединения по металлоёмкости схожи со сварными, но менее трудоёмки. Соединение осуществляется при помощи болтов, к которым крепятся пластины-накладки. Применение этого вида соединения является ограниченным.

Ещё одним вариантом устройства вертикального стыка является замоноличивание бетоном арматурных петлевых выпусков, которые соединяются без сварки вертикальными стеновыми стержнями. Недостатком стыков без сварки является большая податливость, чем со свариваемыми выпусками, но в тоже время при строительстве в особых грунтовых условиях или в сейсмических районах податливость становится достоинством.

В [7] сказано, что податливость стыка складывается из податливости элементов входящих в этот стык. Например, податливость стыков на закладных деталях складывается податливостью закладных деталей, сварных швов и соединительных элементов, поэтому податливость является сложной зависимостью [8].

В прил. А [4] представлены формулы для определения податливости, наибольший интерес представляет коэффициент податливости при сдвиге λ_{τ} . В случае, если характерно несколько стадий (до образования трещин и после), то коэффициенты принимаются для каждой стадии дифференцированно.

Для бетонного шпоночного соединения, при взаимном сдвиге замоноличенного бетона и сборного элемента коэффициент податливости определяется по формуле:

$$\lambda_{\tau} = \frac{l_{loc} \cdot (1/E_b + 1/E_{mon})}{A_{loc} \cdot n_k},$$

где l_{loc} – условная высота шпонки, принимаемая при определении ее податливости при сдвиге, равная 250 мм; A_{loc} – площадь сжатия шпонки,

мм²; E_b , $E_{тон}$ – модуль деформации бетона сборного элемента и замоноличивания вертикального стыка соответственно, МПа.

Все существующие формулы для расчёта вертикальных узловых соединений, в том числе приведенные в нормах [4] являются эмпирическими, не приняты общепризнанные аналитические зависимости, учитывающие все тонкости работы вертикальных стыков. Вопрос учета высокотемпературных [8, 9] воздействий еще требует рассмотрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дворцова С.А., Леонова А.Н.* Конструкция вертикальных стыков стеновых панелей // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры». 2017. С. 78-80.
2. *Люблинский В.А., Томина М.В.* Экспериментальное исследование прочности и податливости вертикального сварного стыка // Системы. Методы. Технологии. 2018. С. 154-158.
3. *Шапиро Г.И., Юрьев Р.В.* К вопросу о построении расчетной модели панельного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2004. №12. С 32-33.
4. *Соколов Б.С., Миронова Ю.В.* Прочность и податливость вертикальных стыков стеновых панелей с использованием гибких петель // Жилищное строительство. 2014. №5. С 60-62.
5. *Зенин С.А.* Проектирование жилых крупнопанельных домов с применением бессварных стыков на тросовых петлевых соединениях. Жилищное строительство. 2013. №7. С 14-15.
6. *Дроздов П.Ф.* Проектирование и расчет многоэтажных гражданских зданий и их элементов // Учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1986. 351 с.
7. *Малахова А.Н., Маринина Д.А.* Податливость вертикальных стыков крупнопанельных зданий на закладных деталях // Строительство и реконструкция. 2019. №6. С 10-18.
8. *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.
9. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.

*Студент магистратуры 1 года обучения 1 группы ИСА Иванов Г.С.
Студентка магистратуры 1 года обучения 1 группы ИСА
Иванова О.А.
Научный руководитель - канд. техн. наук, доц., доц. кафедры ЖБК
С.Ю. Савин*

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ КРИТЕРИЙ ОСОБОГО ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА

После обрушения части здания Ронан Пойнт в Лондоне 16 мая 1968 года вследствие взрыва природного газа в теории сооружений выделилось стало интенсивно развиваться новое направление, связанное с защитой зданий и сооружений от прогрессирующего разрушения при аварийном выключении из конструктивной системы одного из горизонтальных или вертикальных несущих элементов (локальное разрушение). В отдельных случаях, например, когда механизм начального локального разрушения связан со срезом, может происходить резкое перераспределение усилий с разрушившейся конструкции на сохранившиеся несущие элементы конструктивной системы, сопровождающееся возникновением инерционных сил и динамических эффектов [1-7]. В связи с рядом особенностей деформирования и разрушения строительных конструкций при названном типе воздействий (статико-динамический режим нагружения; работа конструкций как систем с односторонними связями при реализации вантового и мембранного механизмов сопротивления) при оценке устойчивости к прогрессирующему обрушению в строительных нормах было введено понятие «особого предельного состояния» [7], отличающегося от ранее введенных первого и второго предельного состояния конструкций. Для оценки особого предельного в настоящее время предложены различные подходы и критерии [2-5, 7, 8]. В качестве интегрального критерия оценки наступления особого предельного состояния в работе [3] был предложен деформационный критерий, однако в рассматриваемой работе он получил развитие лишь применительно к изгибаемым элементам. В статье [2] представлен подход к построению деформационного критерия для внецентренно сжатых железобетонных элементов с учетом оценки устойчивости деформированного состояния при малых возмущениях. В связи с этим целью данной работы является исследование деформационного критерия особого предельного состояния внецентренно сжатых железобетонных элементов для случая шарнирного закрепления на одном из концов

стержневого элемента и жесткого защемления на противоположном при больших и малых эксцентриситетах приложения продольной силы.

Для достижения поставленной цели было выполнено численное моделирование с использованием МКЭ (ПК Лира-САПР) деформирования и разрушения внецентренно сжатого железобетонного стержневого элемента при двух вариантах приложения нагрузки: большие и малые эксцентриситеты. Задача решалась в нелинейной постановке: учет физической нелинейности материалов и геометрической нелинейности (учет зависимости между усилиями и деформациями за счет шагового моделирования нагружения). Величина продольной силы и момента, вызванного внецентренным приложением нагрузки, наращивались пропорционально до разрушения бетона в наиболее нагруженном сечении, при этом фиксировались относительные прогибы элемента на всех этапах нагружения. Результаты выполненного расчета представлены в виде деформированных осей стержней и графиков «безразмерная сила – безразмерный прогиб» на рисунках 1 и 2 для случая малых и больших эксцентриситетов соответственно.

Анализ результатов и их сопоставление с ранее выполненными исследованиями шарнирно закрепленного по двум концам стержня [2] показал, что относительные предельные прогибы меньше на 22,8%, а нагрузка, при которой происходит разрушение, больше на 10,44%. При этом прогибы стержня с рассмотренным в данном исследовании условиями закрепления для случая сжатия с малыми эксцентриситетами оказались почти на 30 % меньше аналогичных результатов для случая больших эксцентриситетов.

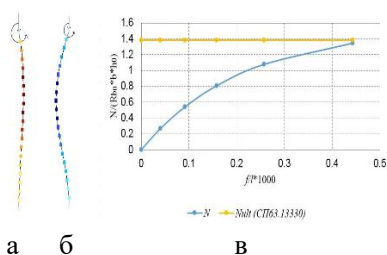


Рис. 1. Деформированное состояние стержня (а), форма потери устойчивости (б), график $N - f$ (в) для случая малых эксцентриситетов

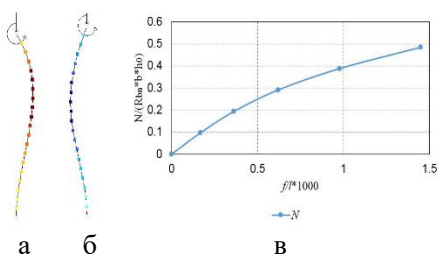


Рис. 2. Деформированное состояние стержня (а), форма потери устойчивости (б), график $N - f$ (в) для случая больших эксцентриситетов

Выполненный численный анализ деформирования и разрушения внецентренно сжатых железобетонных элементов показал, что при построении деформационных критериев особого предельного состояния

необходимо учитывать характер приложения продольной силы и условия закрепления на концах стержневого элемента. В качестве варианта решения данной задачи может стать построение многомерной поверхности относительных прогибов как функции жесткости опорных закреплений (упругоподатливые опоры) и эксцентриситета приложения продольной силы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демьянов А.И., Алькади С.А. Экспериментально-теоретические исследования статико-динамического деформирования пространственной железобетонной рамы со сложнапряженными ригелями сплошного и составного сечения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 6. С. 68-75.

2. Савин С.Ю. К построению деформационных критериев особого предельного состояния внецентренно-сжатых элементов железобетонных каркасов зданий и сооружений. // Строительство и реконструкция. 2020. № 5. С. 59-69.

3. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н. Особое предельное состояние железобетонных конструкций и его нормирование // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 5. С. 4-9.

4. Алмазов В.О., Зуй К.К. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. // М.: АСВ, 2013. С. 128.

5. Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев Б.С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению. Вестник МГСУ, №2, 2011 С. 115-121.

6. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Цуриков С.Г., Лукьянов В.И. Расчет железобетонного каркаса здания с учетом аварийного воздействия во временной области. Инженерный вестник Дона, 2015, №2.

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. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering 2016. Т. 153. С. 721-725.

ДЛИТЕЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТОГО БЕТОНА ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ НАГРУЖЕНИЯ

При эксплуатации железобетонных конструкций может увеличиваться уровень напряжений в бетоне сжатой зоны. Это может быть связано с уменьшением прочности сжатого бетона или превышением реальных значений нагрузок над проектными [1,2,6]. При этом напряжения в бетоне или приближается к значению, соответствующему верхней границы микротрещинообразования ($\sigma_b \approx R_{cr}^V$), или превышает ее $\sigma_b > R_{cr}^V$ [3, 4]. Это приводит к росту деформаций ползучести. Вследствие чего в железобетонных элементах наблюдается увеличение прогибов, ширины раскрытия трещин.

На рис.1 представлены результаты экспериментальных исследований, представленных в работе [5] в виде зависимости меры ползучести от времени испытаний.

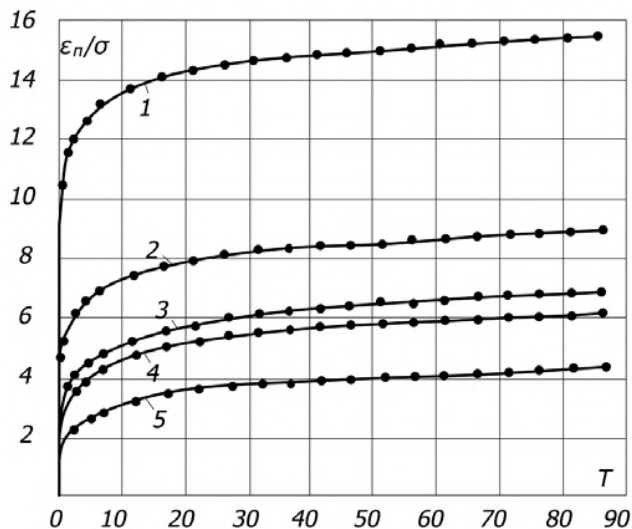


Рис.1 Зависимость меры ползучести (ε_{pl}/σ) бетона от длительности нагружения по данным работы [5]: 1 – $\sigma_b = 0,9R_b$; 2 – $\sigma_b = 0,81R_b$;
3 – $\sigma_b = 0,7R_b$; 4 – $\sigma_b = 0,61R_b$; 5 – $\sigma_b = 0,41R_b$

В этих исследованиях установлено, что в начальный период времени связь между скоростями увеличения деформаций ползучести и напряжений нелинейна. Но через малый промежуток времени после загрузки эта нелинейность существенно смягчается с увеличением уровня нагружения.

На рис.2 представлены деформации ползучести сжатого бетона различного возраста при уровнях напряжения более $0,5R_b$, которые были получены в ходе экспериментов Истомина А.Д. ($\sigma_b = 0,65R_b$) и Попковой О.М. ($\sigma_b = 0,73R_b$).

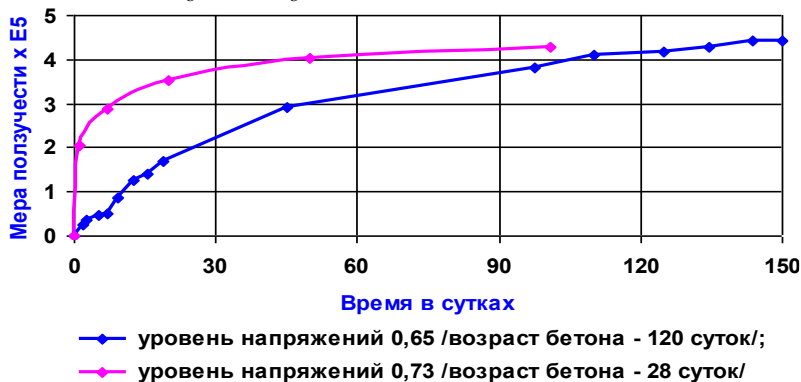


Рис.2. Зависимость меры ползучести бетона различного возраста

Длительные деформации бетона при напряжениях $\sigma_b > R_{crc}^V$ исследованы недостаточно. Для получения дополнительных экспериментальных данных планируется провести эксперименты по исследованию длительных деформаций сжатого бетона при уровнях напряжений $\sigma_b \approx R_{crc}^V$ и $\sigma_b > R_{crc}^V$.

В качестве опытных образцов приняты бетонные призмы размером 100x100x400мм. Бетонная смесь для изготовления призм принята следующего состава: отношение цемента, песка, щебня – 1:1,2:2,2, водоцементное отношение – $W/C = 0,55$. Крупный заполнитель – гранитный щебень с фракцией 10мм. Расход цемента на 1 м^3 бетона – 300 кг.

Бетонные призмы помещаются в силовую установку, центрируются и нагружаются до необходимого уровня напряжений. Деформации в ходе кратковременного нагружения и длительного испытания определяются с помощью тензорезисторов базой 50 мм и индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм. База измерений – 270 мм. Возраст бетона к началу испытаний - 120 суток. Параметры призм представлены в табл.1.

Маркировка и условия испытания железобетонных плит

Марка призм	Условия нагружения	Уровень нагрузки	Кол-во, шт.
Пр1к	Кратко временное	До разрушения	2
П2д /0,85/	Длительное	$\sigma_b / R_b \approx R_{cr}^V = 0,85R_b$	2
П3д /0,9/	Длительное	$\sigma_b / R_b > R_{cr}^V = 0,9R_b$	2

Заключение

Длительные деформации бетона при напряжениях $\sigma_b > R_{cr}^V$ исследованы недостаточно. Для получения дополнительных экспериментальных данных необходимо провести экспериментальные исследования длительных деформаций сжатого бетона при уровнях напряжений $\sigma_b \approx R_{cr}^V$ и $\sigma_b > R_{cr}^V$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Истомин А.Д., Петрова В.А.* Напряженно-деформированное состояние статически неопределимых балок в условиях отрицательных температур // Научно-технический журнал «Строительство и реконструкция», № 1 (81), 2019. С. 3-9.
2. *Истомин А.Д.* Деформации ползучести бетона при сжатии в условиях ма-лоциклового силового и температурного нагружения. Научно-технический жур-нал Вестник МГСУ, №2, Т. 1, 2011. с. 142-144
3. *Истомин А.Д., Беликов Н.А.* Зависимость границ микротрещинообразования бетона от его прочности и вида напряженного состояния. Научно-технический журнал вестник МГСУ, №2, Т.1, 2011. С. 159-162.
4. *Tamrazyan A., Popov D.* Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 00162.
5. *Каранетян К. С.* Ползучесть бетона при высоких напряжениях // «Изв. АН Армянской ССР. Серия физ.-матем., естеств. и техн. наук», т. VI, № 2, 1953.
6. *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.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛАТФОРМЕННЫХ СТЫКОВ ПАНЕЛЬНЫХ И КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Данная статья посвящена анализу применяемых конструктивных решений платформенных стыков панельных и каркасных зданий по результатам экспериментальных исследований их несущей способности. Конструкции стыковых соединений являются важнейшим элементом конструктивной системы здания и от их надежности зависит их конструктивная безопасность. Анализ научных публикаций по этой теме показывает, что во многих случаях отказ стыков часто является основной причиной аварий, особенно если такие конструкции проектируются и выполняются с нарушениями действующих норм [1].

В современном нормативном документе [1] достаточно полно представлены общие положения и расчет горизонтальных стыков по прочности, который позволяет учесть многие факторы, влияющие на их несущую способность. Но в этом нормативном документе не отражены новые виды воздействий на конструктивные системы зданий, например особые воздействия, предусмотренные вновь введенным нормативным документом [2], не учитывается увеличение этажности крупнопанельных зданий, в то время как опытные данные силового нагружения при исследованиях платформенных стыков были получены для относительно небольшой этажности, не учитывающих новые типы стыковых соединений и другие факторы.

Так, монографии Соколова и Никитина [3] при проведении экспериментальных исследований исследованы платформенные стыки перекрытий с пустотными плитами. Основной целью эксперимента являлось определение характера разрушения и величины разрушающих нагрузок. В данном эксперименте платформенные стыки были выполнены из бетона класса В40. Были изготовлены и испытаны различные опытные образцы с размерами 600х600 мм. Испытания проводились на прессе МПС-200. Моделировались одно- и двухсторонние стыки с различной шириной опирания на плиту: 80(100) и 180(200) мм. Характер разрушения стыка (рис. 1) соответствовал расчетным схемам: образцы разрушались в результате сдвига бетона в платформенной части стыка и раздавливания в контактной части. Опытные образцы разрушились при испытательной нагрузке от 1094 кН – 2205 кН. Следует отметить, что такая несущая способность стыка

приемлема для зданий 12-14 этажей и не может быть экстраполирована на здания большей этажности.

В исследовании Нарушевича [4] опытные образцы состояли из внутренних стеновых панелей с отрезками перекрытий шириной 20 см, длина сопрягаемых элементов принималась 480 мм, высота образцов была 350 мм. (рис. 2). Опытные образцы не имели армирования, но зоны передачи нагрузки от пресса на опытный образец были усилены сетками косвенного армирования. Основной целью этих исследований было определение дефектов, оказывающих наибольшее влияние на НДС и несущую способность стыка. Испытания проводили на прессе П-250. Было установлено, что наиболее слабой зоной в исследуемой конструкции стыка является сопряжение стеновых панелей и панелей перекрытий.

Целью экспериментального исследования Байбурина, Мишнева, Румянцева [5] было определение несущей способности платформенных стыков панелей серии ПТЭ 97.РСВ. Данная серия имеет класс бетона на сжатие В25, марку раствора швов М150, толщину нижнего шва 10 мм, верхнего 20 мм, внутренние стены имеют толщину 160 мм и ширину опоры 70 мм (рис. 3). Исходя из проекта нагрузка на данный стык должна составить 282,8 кН. Разрушение платформенных стыков при этом эксперименте характеризовалось скалыванием бетона по наклонной плоскости стеновых панелей в зоне контакта с



Рис.1. Разрушение стыка в опытах Соколова Б.С., Никитина Г.П.

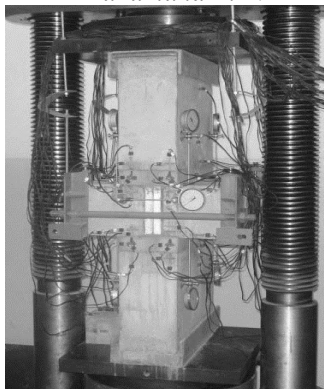


Рис. 2 Общий вид испытаний Нарушевича

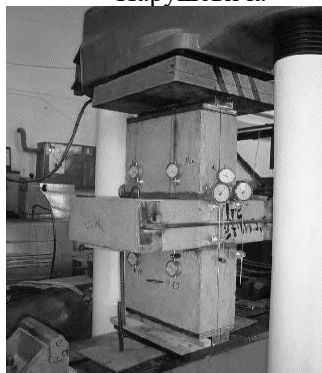


Рис. 3 Общий вид опытного образца Байбурина, Мишнева, Румянцева

плитами перекрытий. Минимальная разрушающая нагрузка для стыка составила 640 кН.

Можно отметить также испытания конструкций натуральных платформенных стыков с пустотными плитами под нагрузки 17-ти этажного здания [6]. Где было показано влияние конструктивного решения стыка и учета распора плит на напряженное состояние и несущую способность стыка.

Оценивая приведенные результаты испытаний в целом, можно сделать вывод о том, что исследования конструкций платформенных стыков несмотря на их важнейшее влияние на безопасность конструктивных систем здания, носит фрагментарный характер и почти не охватывают новые типы их конструктивных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 335.1325800.2017 Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования
2. СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия
3. *Соколов Б.С., Никитин Г.П.* Прочность горизонтальных стыков железобетонных конструкций. – М.:Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 13-38 с.
4. *Беккер В. А., Нарушевич А.Н.* Разновидности и повторяемость дефектов и повреждений панельных зданий на основе результатов натуральных исследований. Изв. Вузов. строительство. 2005 №8
5. *Байбурин, А.Х.* Испытания платформенных стыков несущих конструкций крупнопанельного жилого дома / *А.Х. Байбурин, М.В. Мишнев, Е.В. Румянцев* // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2015.
6. *Колчунов В.И., Осовских Е.В., Фомичев С.И.* Прочность железобетонных платформенных стыков жилых зданий с перекрестно-стеновой системой из панельных элементов // Жилищное строительство. 2009. № 12. С. 12-16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ATENA ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЖБ ЭЛЕМЕНТОВ

Сталежелезобетонные элементы конструкции (СЖБ) являются разновидностью стандартных железобетонных конструктивных элементов и используются с целью улучшения их отдельных характеристик при сохранении основных сечений и материалов. В типовом гражданском и промышленном строительстве они в основном не используются, но находят применение на уникальных и специальных объектах – в атомной отрасли, военной, нефтегазовой, энергетической.

Одной из разновидностей СЖБ конструкций являются конструкции с внешним листовым армированием, когда вместо стандартной сборно-разборной опалубки используется стальной несъёмный лист, который необходим для различных специальных задач, таких как увеличение живучести конструкции, непроницаемости (жидкость, газ, радиация и т.д.).

В мировой практике широкое применение в атомной отрасли нашли сталежелезобетонные конструктивные элементы, которые представляют собой два внешних стальных листа несъемной опалубки с инвентарно установленными стаб-болтами внутри конструкции, залитые бетоном без



Рис.1 Субмодуль стены АЭС Саньмэнь. Китай. Дата постройки 2018г.

использования дискретной арматуры. Стальные анкеры создают совместную работу между стальным облицовочным листом и бетонным заполнением [1, 2, 3]. Такие элементы, в частности, используются компаниями Westinghouse. Именно эти конструкции были применены при возведении АЭС Саньмэнь (рис.1).

На территории нашей страны элементы конструкций с внешней несъемной листовой опалубкой, в тех случаях, когда она необходима, всегда дополнительно армируются дискретными стержнями. В таком

случае внешнее листовое армирование либо вообще не учитывается в расчете, либо запроектировано только на часть усилия, это означает, что происходит задублирование работ по установке внутренней стержневой арматуры и внешней листовой.

В России подобные конструкции не проектируются, и нормативная база для них также отсутствует, что делает актуальной тему данной работы.

Например, в США были разработаны американские стандарты ANSI/AISC N690-18 «Американский национальный стандарт. Технические условия на стальные конструкции, важные для безопасности объектов использования атомной энергии», в которых прописаны минимальные требования, предъявляемые к СЖБ плитам полученные на основе экспериментальных данных на сдвиг из плоскости [4].

В настоящее время в сфере программного обеспечения начали появляться специализированные расчетные программы, позволяющие моделировать сложные процессы механики разрушения [5-7] конструкций. Одной из таких программ является ATENA, которая на сегодняшний день хорошо зарекомендовала при расчете СЖБ балки [5]. Она предлагает инструменты для компьютерного моделирования поведения конструкций из бетона и железобетона, металла и т.д. Данный программный комплекс можно использовать для расчета СЖБ плиты, что позволит смоделировать реальное поведение элемента конструкции с учетом нелинейной работы, получить картину распространения трещин в реальном времени.

Проведенное исследование позволило сформировать основу для дальнейшего проведения расчета СЖБ плиты в ПК ATENA.

В рамках данного исследования перед выполнением основного численного исследования планируется ряд тестовых расчетов для оптимизации и верификации расчетной модели. В частности, планируется выполнить:

- Оптимизация контура и сетки конечных элементов стад болта при моделировании его объемными элементами, в частности будут проработаны варианты оптимизации сечения цилиндрического элемента, рекомендованные производителем программного комплекса (рис. 2).



Рис.2 Варианты аппроксимации сечения стад-болта

- Переход от моделирования стад болтов объемными элементами к стержневым с рядом граничных условий для сокращения объема задачи и времени счета (рис.3).

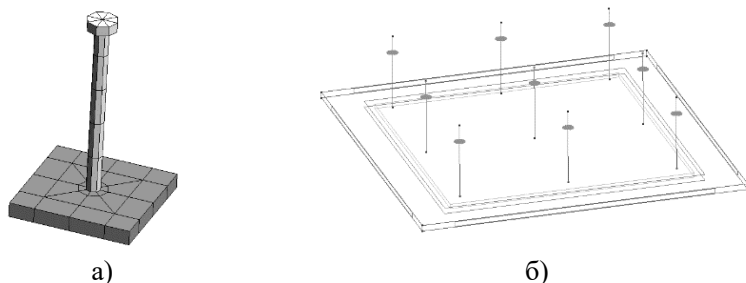


Рис.3 Моделирование стад-болтов: а) объемными элементами; б) стержневыми элементами

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Замалиев Ф.С.* К оценке прочности анкерных связей изгибаемых сталежелезобетонных конструкций. Известия КГАСУ, 2015, №1 (31).
2. *А.И. Фаттахова* Влияние горизонтальных нагрузок на работу стад-болтов в комбинированных плитах перекрытия. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.1.31-42
3. *Панова А.С., Сергеев Е.И.* Особенности расчета сталежелезобетонных конструкций. Научный взгляд в будущее, выпуск 14, том1.
4. *Сенер, К.К. и Ванарма, А.Х.* Облицованные сталью сталежелезобетонные стены: Экспериментальная база данных и расчет сдвига из плоскости. Журнал исследований конструкционной стали, Том 100, с. 197-210.
5. *Крылов А.С.* Численные расчеты сталежелезобетонных балок с учетом контактного взаимодействия стального сердечника с бетоном // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 2. С. 175–184.
6. *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. 2016. Т. 153. С. 715-720.
7. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering . 2016. Т. 153. С. 721-725.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Рост зданий повышенной этажности с каждым годом значительно увеличивается. Это объясняется такими факторами, как стесненность условий в развитых городах, а также стремлением показать уровень научного, технологического и экономического прогресса. Как известно, проектирование высотных зданий требует точных и достоверных расчетов с учетом различных расчетных ситуаций [1-3]. Одним из таких расчетов является расчет на прогрессирующее обрушение. Целью данного расчета является предотвращение здания от полной потери прочности [4] и устойчивости при чрезвычайной ситуации.

Один из вариантов конструктивных мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения является обеспечение необходимой несущей способности конструктивных элементов и соединений между ними при аварийной ситуации, вызванной удалением одного или нескольких несущих элементов [5, 6].

Целью исследования является выполнение расчета здания, с учетом архитектурно-планировочных решений, на основные и особые сочетания нагрузок.

Объектом исследования является жилое монолитное 54-х этажное здание, высотой более 100 м. Жилой дом в конструктивном отношении решен по каркасно-стеновой конструктивной. Пространственная жёсткость и устойчивость каркаса обеспечивается жёстким защемлением колонн, пилонов и стен с монолитной железобетонной фундаментной плитой и наличием диафрагм и ядер жёсткости из лестничных клеток и лифтовых шахт.

Конечно-элементная модель здания разработана с учетом работы грунта основания в МПК «ЛИРА 10».

В исследовании конструктивной системы высотного здания необходимо выполнить следующие расчеты: расчет горизонтальных перемещений верха, расчет форм собственных колебаний, расчет устойчивости формы и устойчивости положения (опрокидывание и сдвиг), расчет максимальной осадки, разности осадок и крена здания, расчет прогибов плит перекрытий, расчет ускорений колебаний перекрытий верхних этажей, расчет усилий и перемещений, возникающих в основных несущих конструкциях, а также в узлах их сопряжений.

В первую очередь были проанализированы результаты статических расчетов и выявлены наиболее нагруженные вертикальные несущие конструкции, как наиболее опасные, при предполагаемых аварийных ситуациях.

После выхода из строя вертикальных конструкций нагрузка, которую они воспринимали, будет перераспределена на смежные несущие конструкции здания. Основная часть нагрузок перераспределится за счёт плит перекрытия на соседние опоры и за счёт подвеса к вышележащим конструкциям.

Рассмотрим один из аварийных случаев на 1 этаже здания. Выход из строя отдельно стоящего пилона корпуса 1 с прилегающими участками стен. Зона разрушения ограничена кругом диаметром 10м, при совмещении центра круга с центром тяжести сечения среднего пилона.



Рис. 1.
Физическая модель
жилого дома

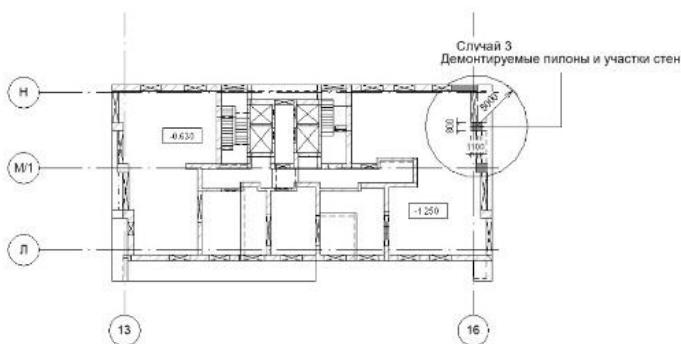


Рис. 2. Схема аварийного случая 1

На следующем этапе выполнена оценка надёжности и устойчивости конструкций здания при аварийных ситуациях, путём сравнения количественных характеристик внутренних усилий и армирования в определённых конструктивных элементах (стенах, пилонах) при расчёте на основное сочетание нагрузок и при аварийных ситуациях.

По результатам оценки выяснили, что армирование стен 1 этажа и технического этажа по основному сочетанию нагрузок меньше, чем на аварийное воздействие. Армирование стен 1 этажа требует увеличения армирования до 46%, а технического – до 56%.

Таблица 1

№ п/п	Характерные усилия	Ед. изм.	Основная схема	Аварийный случай
1	Усилие в стенах N	кН	-37974	-47642
2	Моменты M_u в плитах	кНм	-85 / 45	-121 / 42

По результатам расчетов разность осадок в пределах фундаментной плиты жилого здания не превышает предельно допустимой:

$\frac{\Delta s}{L} = 0.0018 < \left[\frac{\Delta s}{L} \right]_{\text{н}} = [0.003]$ - согласно СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах».

По расчёту на устойчивость к прогрессирующему обрушению коэффициент использования сечений с учётом перераспределённых усилий не более – 0.98.

На основании выполненного расчета и анализа полученных результатов установлено, что деформации основания находятся в допустимых пределах, представленная конструктивная схема жилого дома удовлетворяет всем требованиям для обеспечения прочности и устойчивости при всех рассмотренных видах воздействий, в том числе с учетом аварийных нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алмазов В.О. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему обрушению. Вестник МГСУ, 2011
2. Барабаш М. С. Некоторые аспекты расчета зданий на устойчивость к прогрессирующему обрушению. Сб. научн. трудов. – Днвск: ПГАСА, 2009
3. Кравченко Г.М. Обоснование конструктивных решений ауригерных этажей высотного здания при прогрессирующем обрушении. Инженерный вестник Дона, 2017
4. Барабаш М. С. Исследование вопросов живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях. Сб. научн. трудов. . – Днвск: ПГАСА, 2010
5. Тамразян А.Г., Филлимонова Е. А, Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы плит перекрытия на сдвиг. Вестник МГСУ, 2013
6. 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 . 2016. Т. 153. С. 715-720.

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ДРУКЕРА-ПРАГЕРА

В данной работе произведена оценка предельной нагруженности железобетонной балки на основании данных численного моделирования с помощью программного обеспечения Femap с решателем NX Nastran. Проектирование железобетонных конструкций для анализа НДС с использованием различных моделей на данный момент является актуальным [1-4] и существует множество проблем, связанных с учетом нелинейной работы [7] бетона и арматуры. Для анализа была выбрана модель Друкера-Прагера. Она представляет собой сглаженную форму модели Мора-Кулона. Поверхность текучести Друкера-Прагера представлена на рис. 1. Она строится в пространстве главных напряжений и представляет собой конус с вершиной в области гидростатического растяжения.

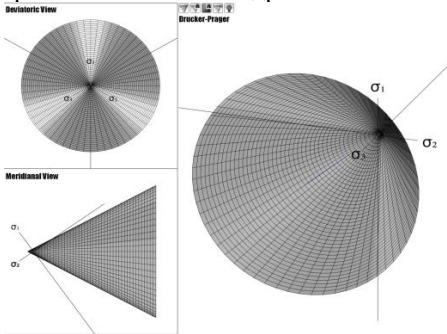


Рис. 1. Поверхность текучести Друкера-Прагера

Можно представить форму поверхности текучести уравнением:

$$\sqrt{J_2} + \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sin \varphi}{(3 \pm \sin \varphi)} I_1 - \frac{2\sqrt{3}c \cos \varphi}{(3 \pm \sin \varphi)} = 0. \quad (3)$$

В качестве объекта исследования выбрана железобетонная консольная балка, геометрические характеристики и схема нагружения которой представлены на рис. 2.

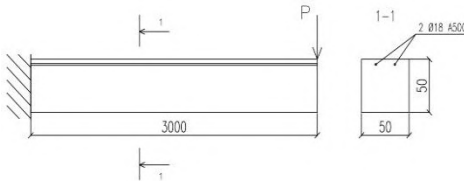


Рис. 2. Модель ж/б балки, схема нагружения

Расчёт предельной нагрузки производится по формуле СП 63.13330.2018:

Уравнение поверхности текучести имеет вид [3, 5]:

$$\sqrt{J_2} + a \cdot I_1 - k = 0, \quad (1)$$

где J_2 — второй инвариант девиаторной части тензора напряжений; I_1 — первый инвариант тензора напряжений; a и k — постоянные материала:

$$a = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sin \varphi}{(3 \pm \sin \varphi)}, \quad k = \frac{6c \cos \varphi}{\sqrt{3}(3 \pm \sin \varphi)}, \quad (2)$$

где c — удельное сцепление; φ — угол внутреннего трения.

Поперечное сечение балки: 50×50 см, её длина: $l = 3$ м. В балке используются 2 стержня арматуры диаметром 18 мм класса А500. Численные эксперименты проводятся для бетона классов: В25, В30, В40. Расчёт предельной нагрузки

$$M_{ult} = R_b b x (h_0 - 0,5x) / l, \quad (4)$$

$$P_{пред} = M_{ult} / l, \quad (5)$$

где $x = \frac{R_s A_s}{R_b b}$ — высота сжатой зоны; M_{ult} — предельный изгибающий момент; $R_s = 435$ МПа, $A_{s(2018)} = 5,09$ см² — сопротивление арматуры А500 растяжению и её площадь сечения. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

	х, см	M _{ult} , кНсм	P _{ult} , кН	M _{ult} (SCAD)	
B25	3,054	9625,57	32,09	9843,56	
B30	2,605	9675,72	32,25	9943,47	
B40	2,0129	9741	32,47	10083,85	

Ручной расчет был проверен в SCAD АРБАТ. Значения, полученные с помощью программы, представлены в табл. 3 и отличаются на 2-3 %. Для расчета предельной нагрузки выбранных моделей в Femar NX Nastran используется два параметра: сцепление (cohesion) и угол внутреннего трения (friction angle). Сцепление можно рассчитать по формуле (6):

$$c = \frac{\sigma_s(3-\sin \varphi)}{6\cos \varphi}, \quad (6)$$

где σ_s — предел текучести, который в данной задаче мы принимаем как R_{bt} (предел прочности на растяжение).

В табл. 2 представлены результаты расчета сцепления для исследуемых классов бетона и различных углов внутреннего трения [3].

Таблица 2

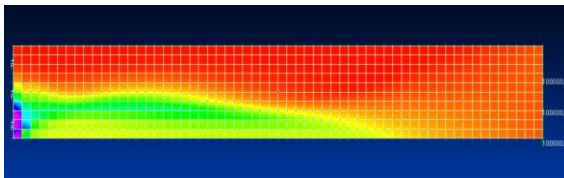
R _{bt} , МПа	2*С	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°
1,05	B25	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,037	1,044	1,051
1,15	B30	1,107	1,111	1,117	1,122	1,129	1,135	1,143	1,151
1,4	B40	1,347	1,353	1,359	1,366	1,374	1,382	1,391	1,401

При моделировании балки в NX Nastran параметры c и φ подбирались, основываясь на рекомендациях научной литературы и таблицы 2 таким образом, чтобы значение P_{ult} несущественно отличалось от расчетов по СП 63.13330.2018. Конечные результаты приведены в табл. 3 и рис. 3.

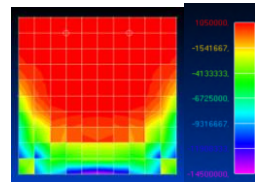
Таблица 3

Класс бетона	2*С, МПа	φ, град.	Напряжения в арматуре, МПа	P _{ult} , кН
B25	1,25	33	435	32,5
B30	1,33	34	422	35,3
B40	1,68	35	335	36,2

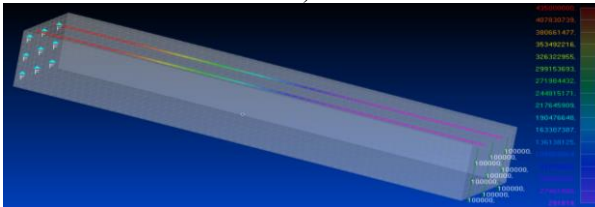
Использование удельного сцепления бетона, полученного по формуле (6) будет давать запас предельной нагруженности, так как его значение меньше полученного в Femar в табл.3.



а)



б)



в)

Рис. 3. Сжимающие напряжения в бетоне В25: по длине балки (а) по высоте сечения у заделки (б) и напряженное состояние арматуры А500 (в)

Вывод. Численное моделирование НДС железобетонных конструкций в NX Nastran можно выполнять на основе МКЭ, при котором бетон моделируется объемными гексаэдрическими элементами, работающими в соответствии с моделью пластичности Друкера-Прагера [5, 6], а арматура – пространственными стержнями по модели Мизеса. Определение параметров c и ϕ должно выполняться с учетом специфики каждой задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудаков К.Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. — К.: НТУУ «КПИ», 2011. — 317 с.
2. Basic Nonlinear Analysis User's Guide. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2016. 3-10 – 3-14.
3. Guray A., Melih H. Nonlinear analysis of RC columns using the Drucker-Prager model, Journal of Civil Engineering and Management, 2013. 19:1, 69-77.
4. Budarin A., Alekhin V., Avdonina L. Numerical modelling of the reinforced concrete beam shear failure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. Vol. 687, issue 3.
5. Бородин А.А., Попов А.Н., Масалькин А.Н. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния многослойного аэродромного покрытия // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2016. №8.
6. Антонов М.Д., Алексейцев А.В. Анализ предельной несущей способности железобетонных балок в Femap Nastran // В сборнике: Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020. Материалы V Международной конференции. Чебоксары, 2020. С. 77-83.
7. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering. 2016. T. 153. С. 721-725.

ТИПЫ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Исследование локальных повреждений и их моделирование является актуальнейшей задачей строительной науки. Модели повреждений используются в экспериментальных исследованиях [1], расчетах и при оптимизации конструкций [2-8]. Локальное повреждение – это местная потеря несущей способности, устойчивости или отказ в функционировании отдельного несущего элемента или группы конструктивных элементов на ограниченной площади в результате особого воздействия или нагрузки. Такие особые нагрузки, как правило, связаны с взрывными, климатическими, ударными воздействиями (столкновение с транспортными средствами), аварией технологического оборудования, землетрясениями и пожарами, в результате действия, которых создаются аварийные ситуации (отказ работы несущего элемента конструкции), влекущие за собой катастрофические последствия.

Наличие локальных повреждений и дефектов железобетонных конструкций устанавливается при обследовании технического состояния зданий и сооружений по их характерным признакам (см. рис. 1-2). Степень повреждения того или иного элемента (конструкции) оценивается качественными и количественными параметрами повреждений.



Рис. 1. Локальное разрушение колонны



Рис. 2. Разрушение защитного слоя бетона колонны

Повреждения весьма многообразны. Предложим следующую классификацию локальных повреждений железобетонных конструктивных элементов:

1. По уровню воздействия внешних факторов: техногенного воздействия (климатические, атмосферные, биологические); природного воздействия (взрывные, вибрационные, сейсмические волны);

2. По виду проявления строительных конструкций: повреждения отдельных элементов; повреждения несущих элементов; повреждения отдельных элементов.

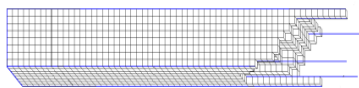
3. По площади распространения: общие, местные, точечные.

4. По характеру воздействий, приводящих к разрушению, повреждения могут быть: физико-химические (действие кислот, щелочей, солей); механические (действие нагрузки, превышающей в разы расчетную, вызванной деформациями грунтов оснований зданий, сейсмическими толчками, технологическим оборудованием).

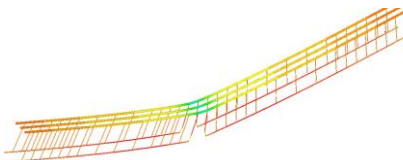
5. По способу определения при техническом осмотре: явно выраженные (устанавливаются при визуальном осмотре); скрытые (для их обнаружения требуются специальные аппараты, приборы).

Чаще всего локальные повреждения зданий, в том числе и их строительных конструкций вызываются не одним отдельным фактором, явлением, а несколькими. Влияние одного фактора вызывает усиление других, что приводит к более быстрому локальному разрушению конструкции.

Локальные повреждения чаще всего моделируются на основе метода конечных элементов. Рассмотрим пример моделирования локального повреждения стержневого элемента (см. рис. 3). В общем виде выполняются этапы: до моделирования повреждения формируется тело колонны, состоящее из объемных конечных элементов; созданным элементам присваивается жесткость, эквивалентная бетону моделируемой конструкции; задается рабочая арматура в виде стержневых конечных элементов, также ее профиль; накладываются связи на нижние узлы модели; моделируется нагрузка. Локальное механическое повреждение моделируется в программе удалением соответствующих конечных элементов из тела полной колонны; далее производится расчет с последующей обработкой результатов и анализа. Полученная таким образом расчетная модель железобетонной колонны (рис. 3) может показывать наиболее адекватную работу конструкции с учетом повреждения. Температурное и коррозионное воздействие моделируется корректировкой модуля упругости материала, в т.ч. с изменением во времени.



а) моделирование выключения бетона из стержневого элемента



б) моделирование разрыва арматуры

Рис. 3. Примеры моделей локальных повреждений

В целом можно отметить, что от точности моделирования локальных повреждений зависит точность прогнозирования безопасности конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексейцев А.В., Курченко Н.С. Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2018. №3. С.207-211.

2. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений// *Вестник МГСУ*. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.

3. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 9. С. 45-50.

4. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 7. С. 819-830.

5. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2014. № 2. С. 37-46.

6. Alekseytsev A.V., Al Ali M. Optimization of hybrid i-beams using modified particle swarm method // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. № 7 (83). С. 175-185.

7. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // *Magazine of Civil Engineering*. 2019. № 7 (91). С. 3-15.

8. Алексейцев А.В. Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 7. С. 18-22.

ОБОСНОВАНИЕ УЧЕТА РИСКА МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ В РАСЧЕТАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящее время при проведении прочностных расчетов, требуемых при проектировании, используются два основных коэффициента запаса: коэффициент надежности по нагрузке (СП 20.13330), и коэффициент надежности по ответственности сооружения (ГОСТ 27751-2014). При такой методике ведения расчетов не принимается во внимание ответственность отдельных конструктивных элементов. Исправить это возможно с помощью учета величины риска материальных потерь [1-3,5].

Риск определяется как вероятность отказа конструкции с последствиями определенного уровня за определенный период эксплуатации. В аналитическом виде выражается следующим образом [1]:

$$R(t) = C_y \cdot P(t), \quad (1)$$

где C_y - суммарный ущерб, возникающий при отказе конструкций; $P(t)$ – вероятность отказа конструкции.

Для связи риска с коэффициентом запаса, перейдем к понятию относительного риска, т.к. обе эти величины являются безразмерными. Величину относительного риска можно получить с помощью соотношения риска к стоимости неповрежденной конструкции [2]:

$$r = \frac{C_y \cdot P(t)}{R_0}, \quad (2)$$

где R_0 – начальная стоимость неповрежденного элемента.

Для учета величины относительного риска может быть использовано следующее условие обеспечения безопасности конструктивных систем:

$$\left(\frac{|F|}{F_{ult}} + r \right) \leq 1, \quad (3)$$

где F – это внутреннее усилие, возникающее в элементе конструкции; F_{ult} – предельное значение F , воспринимаемое элементом без разрушения.

Сравним (с позиции обеспечения надежности) результаты расчета изгибаемых железобетонных элементов, выполненные по СП и результаты расчета по методике, учитывающей величину риска.

Для изгибаемых железобетонных элементов неравенство (3), в соответствии с условиями прочности, предъявленными СП 63.13330 принимает вид двух уравнений:

$$\left(\frac{|M|}{M_{ult}} + r \right) \leq 1, \quad (4)$$

$$\left(\frac{|Q|}{Q_b + Q_{sw}} + r \right) \leq 1, \quad (5)$$

Постановка задачи: произведем расчет продольного армирования двух железобетонных балок без предварительного напряжения, эксплуатируемых в нормальных условиях. Рассматриваемые балки № 1,2 отмечены на схеме, приведенной на рисунке 1. Нормативная постоянная нагрузка $g_n = 15$ кН/м, нормативная временная нагрузка $v_n = 35$ кН/м.

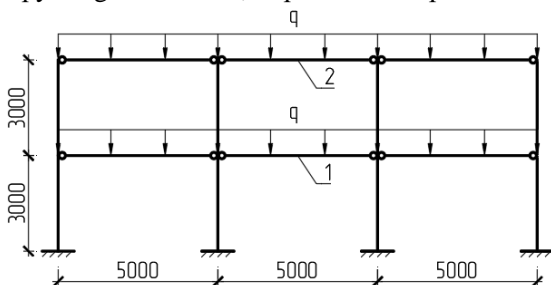


Рис. 1. Расчетная схема

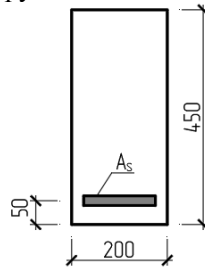


Рис. 2. Схема размещения рабочей арматуры

Поперечное сечение принимаем прямоугольным, размером 20x45 см, постоянным по длине. Схема размещения рабочей арматуры так же постоянна по длине и показана на рисунке 2. Класс бетона В30, класс продольной арматуры А500. Изменение величины максимальных внутренних усилий, воспринимаемых балкой без разрушения, будет изменяться за счет изменения площади арматуры. Для расчета относительного ущерба будем использовать следующие величины: стоимость кв. метра площади – 230.000 р., шаг рам – 5 м, стоимость балки 10.000 р.

Вероятность отказа балок P может быть найдена через средние значения и среднеквадратичные отклонения учитываемых параметров [4]. Допустим, что мы получили следующие статистические данные от завода-изготовителя: $R_{s,n} = 500$ МПа; $S(R_s) = 25$ МПа; $R_{b,n} = 22$ МПа; $S(R_b) = 1,6$ МПа; $h_0 = 0,40$ м; $S(h_0) = 0,005$ м, а из опыта проектирования известно, что: $S(g) = 0,03 \cdot g_n$; $S(v) = 0,06 \cdot v_n$; $S(l) = 0,002 \cdot l$. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Выводы:

1. Результат такого расчета зависит от ответственности элемента: чем выше ущерб, связанный с отказом элемента, тем выше используемый коэффициент запаса;

Табл. 1. Результаты расчета

Результат расчета	С учетом риска		Без учета риска
	Балка №1	Балка №2	
C_y/R_0	575	1150	-
γ	0,1938	0,2027	-
P	$3,37 \cdot 10^{-4}$	$1,76 \cdot 10^{-4}$	10^{-6}
$A_s, \text{см}^2$	11,60	11,77	13,37

2. При расчете по приведенной методике мы можем довольно точно определить существующий риск. В дальнейшем это позволяет найти наиболее экономное решение с учетом стоимости и безопасности [6-8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Критерии формирования комплексной целевой функции железобетонной плиты с учетом анализа риска // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 68—74.

2. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 7. С. 819–830. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.7.819-830

3. Алексейцев А.В. Механическая безопасность железобетонных рам с учетом риска комбинированных запроектных воздействий // Инженерно-строительный журнал. 2021. №03 (103).

4. Р.П. Моисеенко Начальная надёжность железобетонной балки: Томск: Изд-во Том. гос. архит. строит. ун-та, 2014. – 23 с.

5. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.09.45-50.

6. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.

7. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.

8. Алексейцев А.В. Двухэтапный синтез структурных конструкций с использованием генетического алгоритма и тетраэдризации Делоне // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. 2013. Т. 9. № 4. С. 83-91.

УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СЕЧЕНИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИРА 10

Учет физической нелинейности строительных конструкций помогает инженеру-конструктору при анализе результатов расчета учесть реальные усилия и перемещения, возникающие в конструкциях при их упругопластической и пластической работе.

Физическая нелинейность возникает в конструкциях при нарушении линейной зависимости между напряжениями и деформациями, вследствие перехода работы материала из упругой стадии в пластическую.

В силу своей природы некоторые строительные материалы нелинейны изначально, например, бетон, чугун, каменная кладка, т.е. проявляют нелинейные свойства уже при малых нагрузках. Металл, как известно, работает нелинейно при больших нагрузках [1].

Существует несколько методов решения задач нелинейности, которые так же реализованы в расчетных программных комплексах:

- простой шаговый метод для решения задач физической и геометрической нелинейности
- итерационный метод для решения задач конструктивной нелинейности
- метод секущих

Для учета физической нелинейности в «ПК Лира 10» используется шаговый метод. Расчет конструкций выполняется в следующей последовательности:

- линейный расчет в упругой постановке и подбор армирования (подбор профилей для металла)
- смена типа конечного элемента на физически нелинейный (КЭ №210)
- создание в редакторе материалов диаграмм деформирования

Далее по своду правил рассчитываются значения напряжений и деформаций. Для металла значения рассчитываются с учетом марки стали и предполагаемого класса НДС конструкций (кусочно-линейная диаграмма), а для железобетонных конструкций используются рекомендуемые нормами трехлинейная диаграмма состояния бетона и двухлинейная – растянутой арматуры [2]. Эти значения являются

точками для построения диаграммы нелинейной работы. Профили нелинейной рамы необходимо заменить на железобетонные с использованием всех характеристик металла.

При последовательном увеличении нагрузки определяются внутренние усилия и перемещения, возникающие в элементах расчетной схемы до момента разрушения конструкции [3].

Если провести численный расчет двух однопролетных рам из металлических профилей в линейной и нелинейной постановке, то можно увидеть, что влияние физической нелинейности практически отсутствует до того момента, пока напряжения в ригеле не превысят предел текучести стали (рис.1).

После момента, когда $\sigma_{min} > \sigma_y$ начинается рост прогибов ригеля в нелинейной раме (рис.2) Перемещения ригеля в линейной раме 65мм, в нелинейной 94мм. Так же, если проанализировать эпюры моментов, то можно увидеть, что моменты в нелинейной раме больше вблизи опор. На продольную и поперечную силы нелинейные свойства металла не оказывают существенного воздействия. При дальнейшем увеличении нагрузки можно увидеть разрушение конструкции в задаче с нелинейной постановкой.

Нелинейную постановку задачи нужно рассматривать при воздействиях на конструктивную систему связанных с динамикой [4].

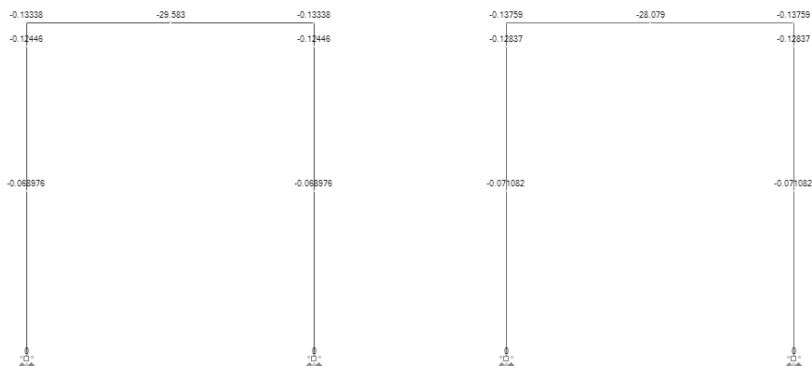


Рисунок 1- Перемещения в узлах рам линейной(слева) и нелинейной(справа)

Так же есть смысл рассмотреть влияние физической нелинейности при прогрессирующем обрушении, когда выключается из работы, например, колонна, и начинается пластическая работа материала [5, 6].

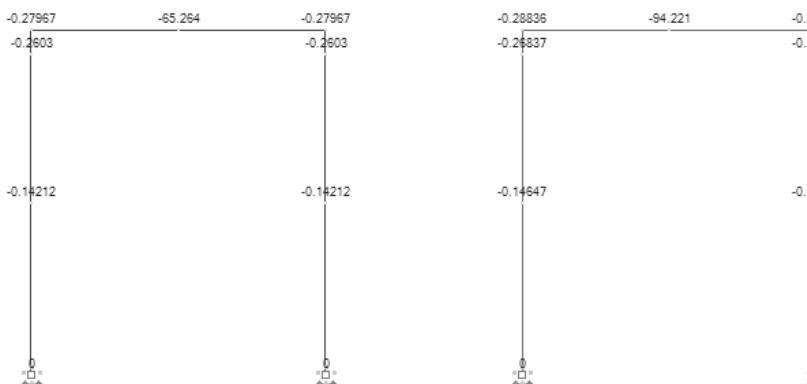


Рисунок 2- Перемещения в узлах рам при напряжениях $\sigma_{min} > \sigma_y$

При решении такой задачи в линейную и нелинейную расчетные модели в «ПК Лира 10» необходимо помимо модуля нелинейность, включить модуль монтаж, и моделировать выключение колонны через стадию демонтаж.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г. Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 21-27.
2. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
3. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренножатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.
4. Тамразян А.Г. Динамическая устойчивость сжатого железобетонного элемента как вязкоупругого стержня. Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 193-196.
5. Кореньков П.А. Построение расчетной модели с учетом нелинейных свойств материала при анализе опасности прогрессирующего обрушения железобетонных каркасов // Выпуск 45. 2013. С. 28-33.
6. 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. 2016. T. 153. С. 715-720.

К РАСЧЕТУ ОДНОСВЯЗНЫХ ДИАФРАГМ ЖЕСТКОСТИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Обеспечение надежности является важнейшим требованием, предъявляемым к конструкциям зданий и сооружений. Принятая в нормах методика расчета по предельным состояниям прочности, устойчивости и деформативности элементов конструкций ГОСТ 27751 [1] не дает возможности оценить их на стадии эксплуатации, определить возможность отказа. А определяет свойства конструкций только в предельном состоянии. Это заставляет учитывать случайный характер внешних сил и других внешних условий, а во многих случаях и случайную природу физических и геометрических параметров конструкции.

Действительная надежность строительных конструкций объектов, зависящая от множества случайных факторов, не может быть полностью оценена заранее с достаточной точностью. Методика расчета по предельным состояниям отдельно учитывает влияние статической изменчивости нагрузок и несущей способности на поведение конструкций в эксплуатации. Поэтому, метод предельных состояний называют полувероятностным.

Одним из направлений методологии решения задачи оценки пригодности к эксплуатации зданий и сооружений является расчет несущих систем с использованием статистических методов расчета, например, Монте-Карло [2], генетических алгоритмов [6-8].

В ходе расчетов методом статического моделирования, испытания реальной системы заменены на испытания математической модели. Каждое испытание сопровождается расчетом.

Методы статических испытаний и Монте-Карло легко реализуются программно, а также позволяют учесть всевозможные комбинации случайных факторов.

Одним из основных аргументов в пользу определения надежности методом численного моделирования является следующее: метод может быть использован при полном отсутствии какой-либо информации о виде функции надежности [5]. Но это означает, что проводимы расчеты, которые можно рассматривать как своеобразные «эксперименты» над конструкцией, должны планироваться как контрольные испытания на надежность. Для таких испытаний при полном отсутствии информации о распределениях необходимо выполнить условие [3]:

$$n \geq \ln(1 - \gamma) / \ln P \quad (1)$$

Необходимо выполнить n количество испытаний, чтобы с доверительной вероятностью γ подтвердить уровень надежности P .

Алгоритм вероятностного расчета заключается в следующем:

для начала будет произведен расчет односвязной диафрагмы жесткости при действии удельно неравных вертикальных нагрузок. В конце расчета мы сможем определить вероятность отказа или безотказность системы. Алгоритм расчета приведен на рисунке 1.



Рис. 1 Алгоритм расчета односвязной диафрагмы жесткости.

Реализация алгоритма выполняется следующим образом:

1. Ввод исходных данных.

К исходным данным относятся распределения случайных величин. Нормальным распределением будут описываться постоянные нагрузки, прочностные свойства материалов.

2. Генерирование случайных чисел с заданным законом распределения. Для вертикальных нагрузок и прочностных свойств бетона и арматуры используется нормальное распределение. Для ветровой нагрузки планируется использовать распределение Вейбулла.

При способе генерации случайные числа вырабатываются специальной программой из библиотеки математического обеспечения.

3. Переход от расчетных нагрузок и характеристик материалов к случайным числам.

4. Вычисление усилий, которые возникают в столбах.

5. Расчет внецентренно-сжатых элементов по методике СП 63.13330.2018 [4]. Определение предельной нагрузки.

6. Усилие, возникающее в столбе, сравнивается с предельным.

Для расчета несущей способности необходимо оценить сопротивление строительных конструкций внешним нагрузкам и воздействиям. В первую очередь необходимо выяснить какие усилия возникают в элементах конструкций, а во вторую – сравнить возникшие усилия с предельным значением, которое может вынести данная конструкция.

7. Проверка условия $n > 50000$ (количество испытаний).

8. Статическая обработка результатов. Определение числа отказов и числа благоприятных исходов. И вычисление надежности несущих конструкций. Далее планируется расчет несущих систем здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

2. *Майстренко И.Ю.* Оценка надежности несущих конструкций металлических мостов методом статического моделирования. – Изв. КГАСУ, № 1(9), с. 68-75, 2008.

3. *Перельмутер А.В.* Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2007 г.- 256 с.

4. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с изменением №1)

5. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.

6. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.

7. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.

8. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 7. С. 819-830.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НА ПРОДАВЛИВАНИЕ СВАЙНОГО РОСТВЕРКА КОЛОННОЙ

Строительные нормы различных стран, рекомендующие применять при расчетах на продавливание приближенные методы, как правило, устанавливают допускаемые напряжения в бетоне, возникающие на условной поверхности, причем величины их заметно расходятся. Разными принимают в расчетах формы фигуры продавливания, также имеются расхождения при определении величин реактивного давления грунта. Это объясняется большим числом факторов, от которых зависят предельные напряжения в бетоне при реализации механизма продавливания [1, 6].

В соответствии с действующими нормами продавливание фундаментов рассчитывают в предположении отрыва пирамиды с боковой поверхностью, наклоненной под углом 45° . Опыты некоторых авторов свидетельствуют о наличии значительного запаса прочности фундаментов, влиянии процентов армирования, образовании и развитии наклонных трещин на их несущую способность и других отклонениях от принятой системы расчета. В последние годы возникли новые взгляды на процесс разрушения фундаментов-выделяют разрушение по наклонному сечению (продавливание), по нормальному сечению и вследствие среза сжатой зоны бетона у колонн. За расчетный принимают первый случай потери несущей способности фундамента. Разрушение считается результатом образования наклонной трещины и дробления бетона сжатой зоны над нормальной трещиной по грани колонны в наклонном направлении, а образование пирамиды продавливания следствием данного процесса. При этом расчет на продавливание и по наклонному сечению осуществляется по единой методике [2].

Несмотря на то, что разрушение по наклонному сечению и от продавливания достаточно изучены, а методы их оценки заложены в нормативные документы, исследования переходных форм разрушения имеют не менее важное значение при оценке прочности железобетонных конструкций. В работе [3] были рассмотрены плиты, опертые по двум сторонам, с изменяющейся шириной, нагруженные концентрированной нагрузкой (рис.1). При ширине плиты, равной ширине площадки передачи нагрузки, они разрушаются по наклонному сечению, а при ширине плиты, значительно превышающей ширину площадки передачи нагрузки-от продавливания. При промежуточной ширине плиты, возникают переходные формы между разрушением по наклонному сечению и продавливанием.

Следует отметить, что в конструкциях фундаментов бетон работает в условиях сложного напряженного состояния.

Экспериментальные исследования [4] отражают работу бетона при наличии нормальных сжимающих напряжений (обжатия). Сопротивление бетона срезу без обжатия больше сопротивления бетона растяжению (от 2 до 3 раз), но при наличии обжатия сопротивление бетона срезу еще более увеличивается.

А увеличение обжатия до значений, близких к призмочной прочности бетона, вызывает закономерное повышение сопротивления бетона срезу.

По результатам проведенных экспериментальных исследований [5] описан характер разрушения опорной зоны железобетонной плиты и предложены пути совершенствования методики расчета на продавливание с учетом сложного напряженного состояния конструкции. Также на основе эксперимента [5] были установлены важные аспекты разрушения от продавливания: угол наклона граней пирамиды продавливания является переменным и зависит от множества факторов; высота сжатой зоны бетона в поперечном сечении опорной зоны по грани колонны-переменная величина и увеличивается по мере удаления от колонны при снижении уровня сжимающих напряжений; равномерное распределение растягивающих напряжений отрыва на поверхности пирамиды продавливания, которое используется в качестве основного допущения в отечественных нормативных методиках, не соответствует действительности.

В заключении можно сделать вывод, что оптимизация действующей нормативной методики расчета на продавливание железобетонных конструкций, в частности, свайных ростверков, выступает весьма актуальной задачей, требующей дальнейшей проработки в совокупности с новыми и имеющимися экспериментальными исследованиями.

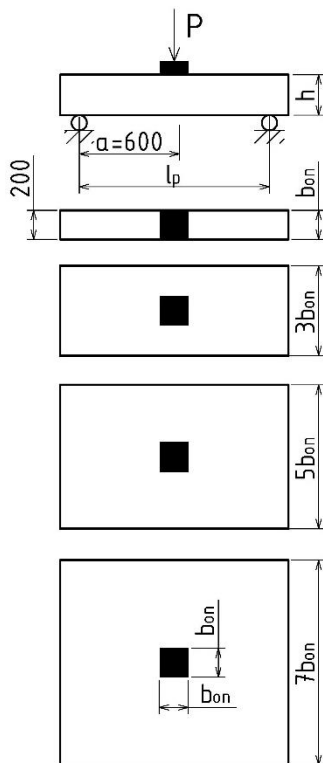


Рис.1 Схема опытных образцов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Коровин, Н.Н.* Продавливание железобетонной плиты колонной / Н.Н. Коровин, А.В. Ступкин // Бетон и Железобетон. – 1978. – №8. С. 36–38.
2. *Тетиор, А.Н.* Расчет на продавливание отдельно стоящих фундаментов колонн / А.Н. Тетиор // Бетон и Железобетон. – 1989. – №3. С.11–13.
3. *Гвоздев, А.А.* Переходные формы между разрушением по наклонному сечению и продавливанием / А.А. Гвоздев, А.С. Залесов, К.Е. Ермуханов // Бетон и Железобетон. – 1980. – №3. С.27–29.
4. *Петров, А.Н.* Экспериментальное исследование бетона при нагружении сжатием и срезом / А.Н. Петров // Бетон и железобетон. – 1965. – №11. С.34–36.
5. *Пекин, Д.А.* Влияние изгиба на механизм продавливания опорной зоны железобетонной плиты / Д.А. Пекин // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – №10. С.20–28.
6. *Тамразян А.Г., Фаликман В.Р.* Основные требования к проектированию железобетонных конструкций по модельному кодексу ФИБ. Строительство и реконструкция. 2016. № 3 (65). С. 71-77.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ УДАРЕ

Вопрос потери устойчивости железобетонных конструкций при авариях [1, 2] как и моделирование ударных воздействий на конструкции [3, 4] представляется актуальным. Рассмотрим моделирование железобетонной колонны при горизонтальном ударе. Расчётная схема приведена на рис. 1, а исполнение сечения на рис.2.

Значение эксплуатационной нагрузки N , приложенной к колонне, рассчитаем согласно СП.63.13330.2018 (СП) по формуле 8.17 как предельное значение продольной силы, которую может воспринять элемент:

$$N = \varphi(R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot}) \quad (1)$$

где R_b - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию; A - площадь бетонного сечения; R_{sc} - расчетное сопротивление арматуры сжатию; $A_{s,tot}$ - площадь всей продольной арматуры в сечении элемента; φ – коэффициент продольного изгиба.

$$N = 2755,44 \text{ кН} \approx 275 \text{ т.}$$

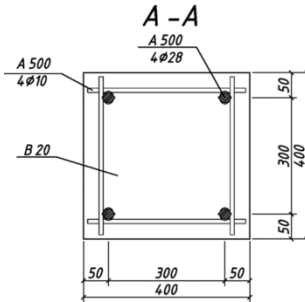


Рис. 2. Поперечное сечение колонны

устойчивости и прогрессирующему разрушению.

В соответствии с формулой 8.15 СП.63.13330.2018 (СП) при расчёте критической силы следует уменьшить значение модуля упругости бетона E_b , умножив его на коэффициент k_b :

$$k_b = 0,15/\varphi_l(0,3 + \delta_e) \quad (2)$$

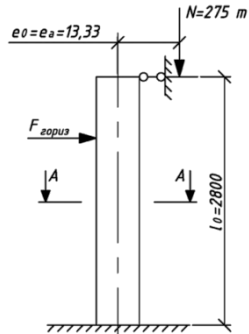


Рис. 1. Расчётная схема колонны

Эксплуатируемая в таких условиях колонна может быть подвержена горизонтальному удару. Поэтому целесообразно выявить зависимость значения критической силы колонны от действующей горизонтальной нагрузки, а также определить зону нормальной эксплуатации конструкции, то есть значения горизонтального воздействия, при которых критическая сила N_{cr} не будет достигнута и горизонтальное воздействие на колонну не приведёт к потере

где φ_l - коэффициент, учитывающий влияние длительности действия нагрузки; δ_e - относительное значение эксцентриситета продольной силы. В рассматриваемом нами случае $k_B = 0,15/2(0,3 + 0,15) \approx 0,17$. Модуль упругости продольной арматуры E_s , в свою очередь, следует уменьшить на 30% путём умножения на коэффициент $k_s=0,7$.

Используя возможности программы *Femap with NX Nastran*, производим оценку потери устойчивости по Эйлеру. Для выявления графической зависимости между N_{cr} и горизонтальной силой $F_{гориз}$, моделирующей действие удара, выполним серию расчетов с различными значениями $F_{гориз}$. При малых значениях $F_{гориз} < 10$ т основной вклад в деформирование конструкции вносит продольная сила N . Теоретическое значение этой силы по Эйлеру составляет около 2100 т, что говорит об отсутствии потери устойчивости. При нагрузках, превышающих значение, соответствующее $N_{cr}=275$ т, начнется разрушение колонны по материалу. При дальнейшем росте значений горизонтальной нагрузки значения критической силы, соответствующей потере устойчивости, уменьшаются. Значение ударного импульса силы F_t вычисляем из условия его действия 1с и уменьшения статического эквивалента силы $F_{гориз}$ приблизительно в 2 раза.

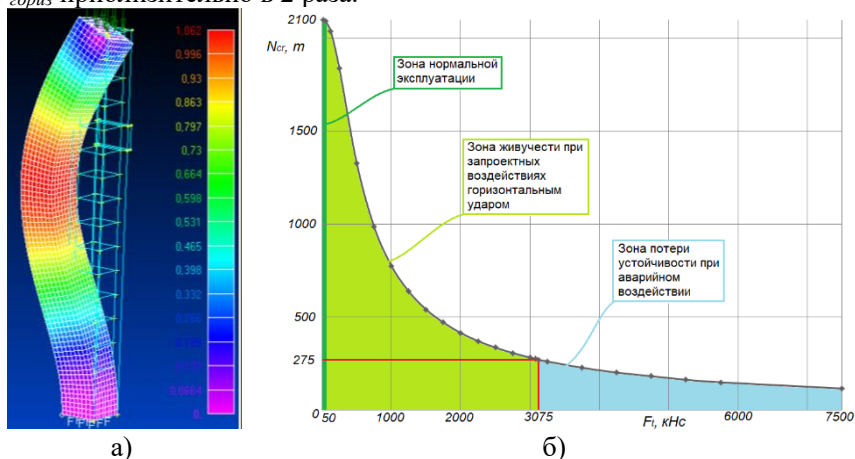


Рис. 3. Форма потери устойчивости колонны от совместного действия продольной силы N и ударного воздействия (а); зависимость критической силы потери устойчивости N_{cr} от величины горизонтального удара, вызванного F_t (б).

Расчеты показали, что в рассматриваемом нами конкретном случае, соответствующем приложению импульса силы на расстоянии 1м от верхней опоры и при значении импульса силы $F_t = 3075$ кНс колонна теряет устойчивость. При этом эксплуатационная нагрузка приобретает критическое значение $N \approx N_{cr} = 275$ т и возбуждается изгибно-крутильная

форма потери устойчивости. Следует отметить, что данный квазистатический подход является приближенным и требует сравнения с анализом устойчивости по деформированной схеме, когда учитывается физическая нелинейность в поведении бетона и арматуры, геометрическая нелинейность при учете прогибов. При этом динамический характер воздействия можно оценивать на основе прямого интегрирования уравнений движения системы, которая может потерять устойчивость. Тем не менее, при проверке ограничений по устойчивости в задачах оптимального проектирования [5-8] этот подход может применяться для оценки устойчивости промежуточных вариантов объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kolchunov V.I., Savin S.Yu.* Survivability criteria for reinforced concrete frame at loss of stability // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 4 (80). С. 73-80.

2. *Колчунов В.И., Моргунов М.В., Кожаринова Л.В., Прасолов Н.О.* К вопросу алгоритмизации задачи расчета живучести железобетонных конструкций при потере устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 52-54.

3. *Алексейцев А.В.* Механическая безопасность железобетонных рам с учетом риска комбинированных запроектных воздействий // Инженерно-строительный журнал. 2021. №03 (103).

4. *Люблинский В.А., Тамразян А.Г.* Безопасность несущих систем многоэтажных зданий при локальном изменении жесткостных характеристик несущих элементов // В сборнике: Бетон и железобетон - взгляд в будущее. научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В семи томах. 2014. С. 90-99.

5. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 7. С. 819-830.

6. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.

7. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.

8. *Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P.* Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.

Студентка магистратуры 2 года обучения 1 группы ИСА

Шарамет О.В.

Научный руководитель - д-р техн. наук, проф. кафедры ЖБК

Г.П.Тонких, зам. зав. лаб ЛИСМиК, преподаватель кафедры ЖБК

М.Д. Медянкин

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАМЕННОЙ КЛАДКИ, УСИЛЕННОЙ ОДНОСТОРОННИМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ АППЛИКАЦИЯМИ

Усиление каменной кладки методом одно-сторонней железобетонной аппликации применяется для повышения сейсмостойкости существующих зданий [2-6].

В статье рассмотрено численное моделирование проведённого испытания фрагмента каменной кладки размером 1030x1050x250 мм из кирпича марки М75 и кладочного раствора М75 с нанесенными аппликациями из торкрет-бетона толщиной 40 мм, усиленных металлической сеткой Вр-1 Ø4 с ячейкой 100x100.

Испытание фрагмента выполняли на сжатие при статической нагрузке вдоль диагонали. Разрушения усиленных фрагментов представляет собой образование двух симметричных трещин вдоль сжатой диагонали образца с дальнейшим раскрытием их вплоть до окончательного разрушения.

Компьютерное моделирование усиленной кладки было выполнено в программе SCAD с использованием различных типов конечных элементов (пластины, стержни). В результате расчета данных моделей были получены напряжения в кладке и аппликации, напряжения в элементе связи кладка-аппликация, деформации. Основной моделью была принята модель, в которой кирпичная кладка и аппликация представлены пластинами, связь между которыми осуществляется стержневыми элементами. Графически модель представлена на рисунке 1.

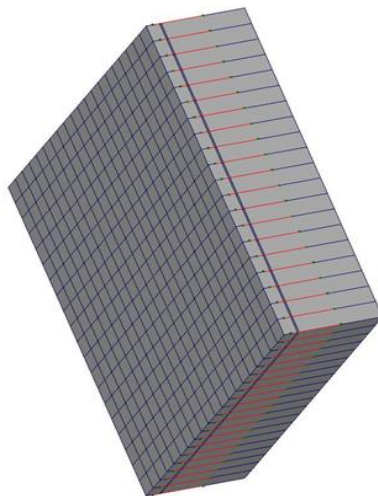


Рисунок 1. Модель усиленного образца

Результаты численного эксперимента, моделирующего в упругой постановке работу под нагрузкой образца из каменной кладки совместно с железобетонным элементом усиления, хорошо коррелируют с характером разрушения фрагментов, полученных в ходе испытаний. В центральной зоне расчётной модели образуется вертикальная зона с минимальными значениями сдвиговых напряжений, что аналогично работе каменной кладки на срез по перевязанному шву. При удалении от центральной диагонали значения сдвигающих напряжений возрастают до значений, соизмеримых с прочностью кладки на срез по перевязанному шву.

По результатам численного расчёта фрагмента при действии сосредоточенной силы 196,20 кН и собственного веса полученные значения деформаций практически совпадают с результатами натурного эксперимента, что свидетельствует от упругой стадии работы фрагмента до момента трещинообразования.

Результаты испытаний анализировались по значению сдвигающего усилия Q , которое определяется как проекция предельной вертикальной нагрузки на грань фрагмента. Для различных параметров аппликаций получены изменения (повышения) силы обжатия ΔN и поперечной силы ΔQ .

Несущая способность каменной кладки в соответствии с [1] при действии главных растягивающих напряжений рассчитывается по формуле:

$$Q \leq \frac{R_{tq} hl}{\nu} ; \quad (1)$$

Расчетное сопротивление скалыванию кладки R было определено с применением нормативного сопротивления кладки главным растягивающим напряжениям.

$$R_{tw}^u = R_{tw} \cdot 1.4 = 2.5 \cdot 1.4 = 3.5 \text{ кгс/см}^2 \quad (2)$$

В расчете величину расчётного сопротивления главным растягивающим напряжениям приняли для деформации по перевязанным швам.

Среднее значение предельной (разрушающей) нагрузки для серии образцов получили равное $P_p = 10841$ кгс. Разложив приведенную разрушающую нагрузку на сдвигающую поперечную силу и силу обжатия, получим $N = 7739$ кгс, $Q = 7592$ кгс. Следовательно величина напряжения обжатия $\sigma_0 = \frac{0,9 \cdot 7739}{2575} = 2,7 \text{ кгс/см}^2$.

Расчетное сопротивление скалыванию кладки:

$$R = \sqrt{3,5(3,5 + 2,7)} = 4,66 \text{ кгс/см}^2$$

$$\text{Тогда } Q = \frac{4,66 \cdot 25 \cdot 103}{1.5} = 7999_{\text{кгс}}.$$

По результатам эксперимента значений несущей способности составляет 7592 кгс, численного расчёта – 7999 кгс. Расхождение полученных результатов 5,10%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81.
2. *Поляков С.В.* Сейсмостойкие конструкции зданий (основы теории сейсмо-стойкости). - М.: 1983. – 304 с.
3. *Сафаргалиев С. М.* Сейсмостойкие каменные конструкции. – Алма-Ата: 1992.-236 с.
4. *Коноводченко В. И.* Усиление стен кирпичных зданий для повышения их сейсмостойкости // Сейсмостойкость крупнопанельных и каменных зданий. - М.: 1967. - С. 180-186. трудов под ред. *Латушкина С. Н., Малофеева Ю. В.* - М.: 26 ЦНИИ, 2007. С. 105-116..
5. *Поляков С.В.* Исследования по сейсмостойкости крупнопанельных и ка-менных зданий. - М.: 1962. – 289 с.
6. *Кожаринов С. В.* Исследование деформаций кирпичной кладки при дей-ствии горизонтальных нагрузок // Динамика и сейсмостойкость зданий и сооружений/ Сб. ИССС АН ТаджССР. - Душанбе: 1980 г.- С. 127-134.

ВЛИЯНИЕ ИНЪЕКЦИОННОЙ ЗАДЕЛКИ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТЫКОВ

Рост объема строительства крупнопанельных зданий и повышение комфортности жилья связан как с повышением этажности крупнопанельных зданий, так и с увеличением размеров архитектурно-планировочных ячеек. Это ведет к росту уровня нагружения горизонтальных стыков. Прочность и надежность горизонтальных стыков зависят от многих параметров, связанных как с качеством поставляемых изделий (конструкций, раствора, бетона и т.д.), так и с качеством их монтажа [1].

Для определения влияние инъектирования шва при устранении брака стыка (недолив) на его несущую способность и жесткость были проведены экспериментальные исследования.

Для оценки контактно-платформенных стыков были проведены испытания 6 образцов с имитацией следующих видов дефектов:

- раствор шва по краям высотой 20 мм., по всей оставшейся поверхности пустота и высота раствора не более 10 мм;

-неравномерная укладка раствора с образованием пустот;

-маячковая укладка раствора шва со смещением к внутренней стороне шва с образованием пустот с внешней стороны шва. (рис.1).

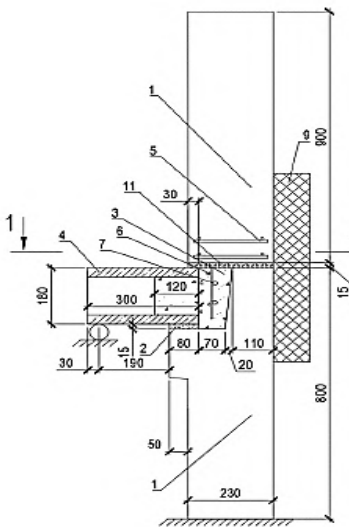


Рис.1 Исследуемый стык

образцы (кубы 100x100x100 мм для испытания на сжатие, призмы 100x100x400 мм для определения прочности на растяжение при изгибе и для определение призмочной прочности) и испытаны в проектном возрасте. (таблица 1.)

Таблица 1.

Маркировка	Прочность монолитного мелкозернистого бетона, МПа	Прочность шва под плитой перекрытия, МПа	Прочность инъекционного состава, МПа	Прочность бетона панелей, МПа	Класс бетона панелей
Образец 1	34,98	28,9	69,9	53,2	В40
Образец 2	36,55				
Образец 3	31,95				
Образец 4	39,10				
Образец 5	39,37				
Образец 6	39,15				



Рис.2 Образец перед испытанием

В качестве фиксатора фрагментов панелей были использованы инвентарные стойки. В соответствии с ГОСТ 8829-94 были проведены испытания. Перед передачи нагрузки на плиту перекрытия, было обеспечено предварительное обжатие стеновых панелей. Ввиду отсутствия проектной величины изгибающего момента в узле перекрытия контроль нагружения осуществляли по податливости стыка через установленные индикаторы часового типа [2-5]. По результатам испытаний были получены разрушающие нагрузки и нагрузки трещинообразования. Образец подготовленный для испытание изображен на рисунке 2. В зависимости от типа дефекта были установлены характер разрушения образцов (таблица 2).

Выводы:

Установлено, что инъектирование растворяющих швов цементным раствором под давлением повышает несущую способность контактно-платформенных стыков.

Таблица 2.

Маркировка	Тип дефекта	Характер разрушения образца
Образец 1	1	Скалывание бетона боковых граней стеновых панелей
Образец 2		
Образец 3	2	Хрупкое разрушение опорных граней стеновых панелей, контактирующих в узле
Образец 4		
Образец 5	3	Хрупкое разрушение по бетону консоли нижней стеновой панели
Образец 6		

Таким образом, подача раствора под давлением в горизонтальные швы позволит повысить прочность, создать равнопрочное монолитное узловое соединение элементов стен и перекрытий и, тем самым обеспечить надежность работы самих стыков, так и всего здания в целом. Требуется изучения вопроса работоспособности усиленного инъектированием панельного стыка при высокотемпературных воздействиях [6, 7], например, при пожаре, взрыве бытового газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грановский А.В., Доттуев А.И., Тихонов И.Н. Повышение прочности горизонтальных стыков крупнопанельных стыков// Жилищное строительство .2011. №6. С. 31-32.
2. Грановский А.В. Распределение усилий между элементами комбинированного стыка в крупнопанельном здании//Бетон и железобетон. 1992. №5 С. 5-6.
3. Тамразян А.Г., Дехтерев Г.М. Исследование надежности горизонтального монолитного стыка сборных стеновых панельных зданий методом статического моделирования //Инновации и инвестиции.2017 №11. С. 170-174.
4. Куреева Э.И. Прочность горизонтальных стыков панелей и многопустотных плит перекрытий в крупнопанельных зданиях// Жилищное строительство 2013. №10. С 2-6.
5. Соколов Б.С., Никитин Г.П Совершенствование методики расчета комбинированных стыков панелей зданий// Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета 2007. №1(14) С. 81-89.
6. 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.
7. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. Procedia Engineering (см. в книгах). 2016. Т. 153. С. 721-725.

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Студентка 1 курса 31 группы ИСА Авдеева Е.И.

Научный руководитель – преподаватель Ю.С. Шумилина

МНОГОСЛОЙНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КЕРАМИКИ

Одно из важнейших направлений в сфере современного строительства — это улучшение физико-механических характеристик строительных материалов, а в частности их прочности. Данная проблема возникает вследствие процессов, происходящих во время эксплуатации готовых изделий, либо непосредственно низкого качества сырья, которое используется для изготовления строительных материалов. Решением данной проблемы служит создание и разработка новых видов материалов либо улучшение традиционных, например, таких как керамика.

Модификация керамической матрицы путем использования многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) является одним из способов повышения прочности керамики. Впервые упоминания о МУНТ были сделаны в 1952 году учеными В.М. Лукьяновичем и Л.В. Радужкевичем, однако в то время они не получили широкого распространения. И только спустя полвека ученые смогли увидеть в нанотрубках полезный и перспективный материал. Нанотрубки представляют собой протяженные цилиндрические структуры углерода, которые имеют длину от одного микрометра до нескольких сантиметров и диаметр от одного до нескольких десятков нанометров. Данный вид материала, позволяет добиться значительного повышения строительно-технических свойств изделий из керамики за счет качественного улучшения их структуры.

Использовать МУНТ оказалось затруднительно из-за неравномерного распределения в объёме материала. В процессе исследования влияния многослойных углеродных нанотрубок на свойства керамических материалов удалось установить, что для однородного распределения пучков нанотрубок их необходимо вводить в сырьевую смесь в виде суспензии, устойчивых к слипанию и агрегации мелких диспергированных частиц в более крупные образования. Для создания барьеров к агломерации дисперсных многослойных углеродных нанотрубок и повышения однородности распределения этих частиц в состав смесей вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Многочисленными исследованиями установлено, что при воздействии высоких температур, а именно более 700 °С, углерод в нанотрубках подвергается разрушению с образованием углекислого газа

CO₂. Выделение газа приводит к увеличению порообразования, что, в свою очередь способствует упорядочиванию микроструктуры материала по форме и размеру зерен кристаллических фаз.

При проведении испытаний, приготавливали смесь отрезков МУНТ с пластификатором и вводили в виде водной суспензии в керамическую массу, которую использовали для формирования тестовых образцов. Отформованные образцы выдерживались в формах сутки, а затем подвергались сушке при температуре 105 °С в сушильной камере в течение 24 часов и обжигу в муфельной печи на протяжении 12 часов. Для определения влияния состава МУНТ на характеристики строительной керамики были изготовлены образцы с различным содержанием многослойных углеродных нанотрубок – 0,003; 0,005; 0,006; 0,01% массы керамического сырья.

Установлено, что прочность образцов после сушки, содержащих нанотрубки в количестве 0,005%, имеет максимальное значение и превосходит прочность образца контрольного состава практически в 2 раза. Прочность керамических изделий при больших (0,01%) концентрациях многослойных углеродных нанотрубок незначительно превышает прочность контрольных образцов. Исследованиями в растровом электронном микроскопе отмечено, что структура образца с МУНТ характеризуется уменьшением дефектности, а именно происходит формирование более плотного черепка, с фиксацией частиц в положении ближней коагуляции (109 м). В контрольных образцах (без введения модификаторов) имеет место менее однородная и более рыхлая структура, в которой наблюдаются плохо спекшиеся частицы (рис. 1).

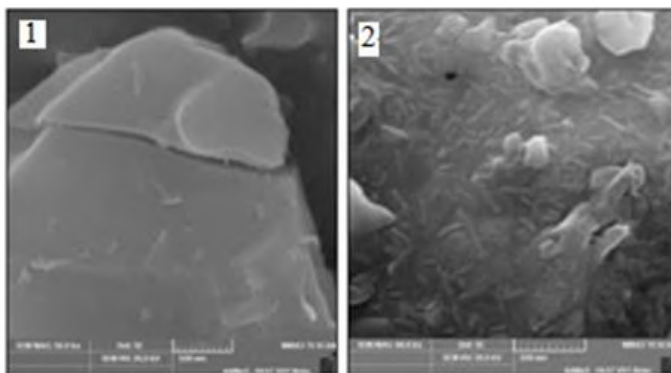


Рис. 1. Структура керамических образцов: 1 – контрольный образец (без введения модификатора); 2 – образец с многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ)

У контрольного образца более высокая потеря воды, чем у образца, модифицированного многослойными углеродными нанотрубками. Очевидно, что диффузия влаги из образца с нанотрубками затруднена вследствие плотной структуры модифицированного материала, и поэтому характеризуется поровой структурой более высокого качества. Количество и размер пор значительно меньше, чем у контрольного состава.

При модификации строительной керамики углеродными нанотрубками наблюдается значимое улучшение ее структуры, в результате чего повышается плотность и однородность керамической матрицы, уменьшается дефектность, непосредственно влияющие на прочностные характеристики керамического изделия. Прочность при сжатии модифицированных образцов возрастает более чем в 2 раза, а прочность на растяжение при раскалывании на 123%, что позволяет предположить значимое повышение долговечности керамических изделий в процессе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пудов И.А., Яковлев Г.И., Лушникова А.А., Изряднова О.В. Гидродинамический способ диспергации многослойных углеродных - нанотрубок при модификации минеральных вяжущих // Интеллектуальные системы в производстве, Из-ство ИЖГТУ, Ижевск, 2011, 1 (17). - С. 285-292.
2. Сычугов С.В., Пудов И.А., Яковлев Г.И., Сабер М. Применение нанодобавок техногенного происхождения в качестве модификаторов для ангидритовых композиций // Интеллектуальные системы в производстве, Изд-во ИЖГТУ, Ижевск, 2011, 1 (17). - С. 293-300.
3. Хазеев Д.Р., Гордина А.Ф., Маева И.С., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Влияние техногенных дисперсных отходов на структуру и свойства композитов на основе сульфата кальция // Строительные материалы, № 6, 2011. – С. 6-7.
4. Макаров Н.А., Трапезникова Е.С. Способы декорирования углеродных наноструктур с целью связывания с керамической матрицей (обзор) // Успехи в химии и химической технологии. Т. 34. № 5 (228). С. 92-93.
5. Жданюк С.А., Потапов В.В., Полонина Е.Н., Леонович С.Н. Модификация цементных бетонов добавками, содержащими наноразмерные материалы // Инженерно-физический журнал. 2020. Т. 93. № 3. С. 669-673.

САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Отрицательная экологическая нагрузка вызывается путем увеличения уровня шума и вибрации, а также увеличением содержания вредных веществ в атмосфере. Рост нагрузки происходит пропорционально росту городов, который сопровождается увеличением количества городского транспорта и увеличению выбросов при сжигании топлива.

За экологической обстановкой воздушного бассейна Москвы ведется постоянное наблюдение. На территории города работают станции мониторинга качества атмосферного воздуха.

Дозы некоторых загрязняющих веществ соответствуют нормативным значениям ПДК, количество других превышает нормы в 1,5 – 2,5 раза [1,2].

Данные показатели характеризуют автомобильную дорогу, как участок с «повышенной» степенью загрязнения атмосферы, что создает повод для поисков решения данной проблемы.

В настоящее время перспектива использования фотокаталитических бетонов была изучена кандидатом технических наук Ляпидевской О.Б. Диоксид титана – экономичный и эффективный материал, обладающий фотокаталитическими свойствами. В работе особое внимание уделяется механизму создания самоочищающейся поверхности, посредством фотохимического окисления оксида азота [3].

В исследовании было определено оптимальное содержания количества волокон целлюлозы и диоксида титана. Для этого проводился полный двухфакторный композиционный эксперимент.

Математическое моделирование [4] способствует изучению влияния содержания добавок на физико-механические свойства, получаемых композитов, при уменьшении лабораторных испытаний, и более рациональному анализу.

Исходя из полученных результатов, была составлена математическая модель и поверхность функции отклика по прочности на сжатие в сухом и водонасыщенном состоянии для кубиков, изготовленных из цементного камня, и на сжатие и изгиб для балочек, изготовленных из цементного раствора (рис. 1 и 2).

При увеличении концентрации целлюлозных волокон, предел прочности снижается по линейному закону, что соответствует уже известными данным о подобных композитах. Диоксид титана анатазной

модификации обладает слабой реакционной способностью и в составе композита приводит к увеличению прочности в зоне оптимума за счет уплотнения структуры и заполнения пор.

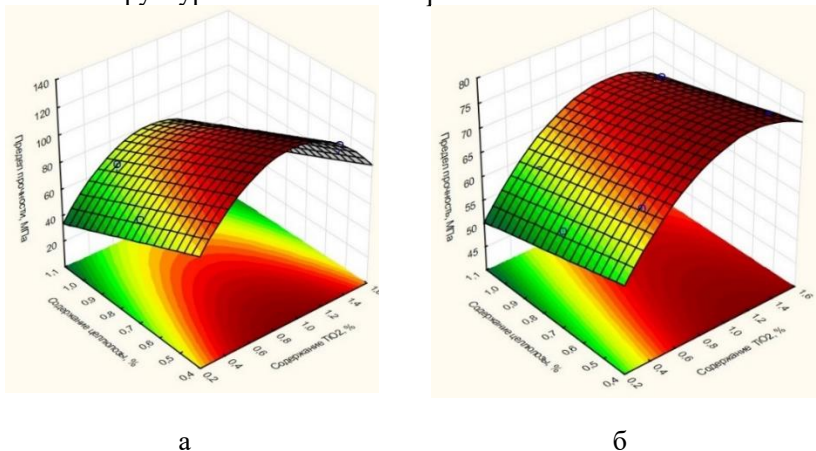


Рис. 1. Трехмерные поверхности функции отклика показателя: «а»- предел прочности на сжатие в сухом состоянии, «б»- предел прочности на сжатие в насыщенном водой состоянии.

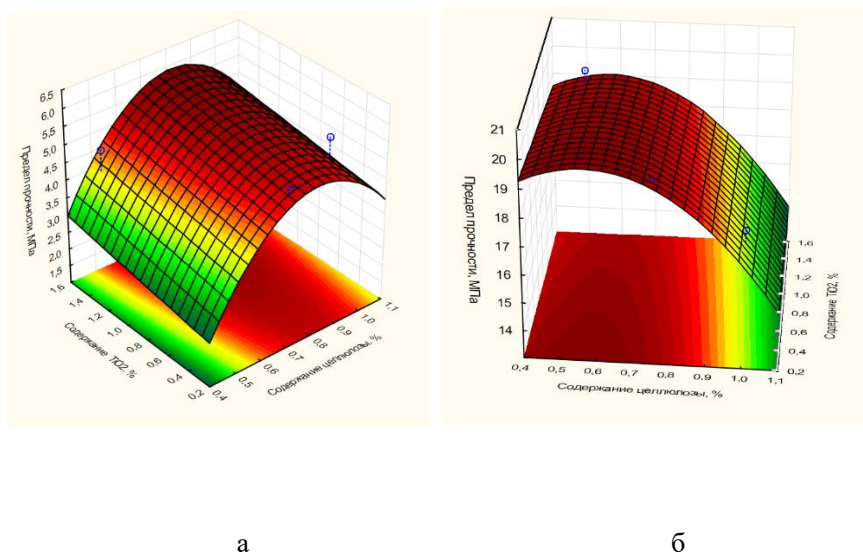


Рис. 2. Трехмерные поверхности функции отклика показателя: «а»- предел прочности на изгиб, «б»- предел прочности на сжатие.

Из анализа трехмерной поверхности функции отклика прочности на сжатие можно сделать вывод, что оптимальное содержание TiO_2 находится в пределах от 0,8 до 1,1 %, а для целлюлозы – в интервале от 0,4 до 0,8 %.

Из анализа трехмерной поверхности функции отклика предела прочности при изгибе (рис. 2) оптимальное содержание TiO_2 находится в пределах от 0,6 до 1,0 %, а оптимальное содержание целлюлозы – в интервале от 0,4 до 0,8 %.

Объединяя информацию, полученную в процессе обработки результатов эксперимента по оценке влияния расходов оксида титана и добавки целлюлозы на прочностные характеристики получаем что оптимальным значениям по прочности соответствует расход TiO_2 от 0,8 до 1,0 %, а расход целлюлозы от 0,4 до 0,8 %.

Анализ информации по поверхностям функции отклика по прочности на сжатие образцов кубиков $20 \times 20 \times 20$, а также, на сжатие и изгиб балочек, позволяет сделать вывод, что способ улучшения экологической обстановки, посредством применения акустических экранов из фотокаталитических бетонов содержит в себе перспективы. Использование акустических экранов нового типа вдоль автомобильных дорог повлечёт за собой сокращение количества веществ-загрязнителей в атмосфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шестаков Н.И., Полосина Д.В., Алексеева Д.С. Перспективы применения акустических экранов из фотокаталитических бетонов на примере МКАД // Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции «Молодые учёные России». Пенза, 2020, С. 39-43. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44025810>.

2. Правительство Москвы департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы [Электронный ресурс] // Станция измерения воздуха «МКАД 105»: сайт. [2021]. DOI: http://www.dpioos.ru/eco/ru/station_map/o_454269.

3. О.Б. Ляпидевская., М.А. Фрайт. Фотокаталитический бетон для дорожного строительства // Вестник МГСУ. Москва, 2014, С. 125-130. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21225880>.

4. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В., Медведев А.А., Демисси Б.А. Применение статистических методов для решения задач строительного материаловедения // «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал». – 2020. – Том 12, № 6. – С. 313–319. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-6-313-319.

*Студентки 3 курса 9 группы ИСА **Бесфамильная В.М., Минаева А.М.,**
студентка 3 курса 5 группы ИСА **Колесова Д.А.***

*Научные руководители – доц., канд. техн. наук **А.Д. Жуков** доц., канд.
техн. наук **А.А. Медведев.***

МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ И 3D-ПЕЧАТЬ

В статье приведен анализ использования технологий 3D-печати в строительной индустрии. Отмечены основные тенденции развития этого направления. Связанные с разработкой современного программного обеспечения для 3D-принтеров, конструкций принтеров и формирующих экструзионных головок принтеров, а также разработку рецептур строительных смесей, используемых для 3D-печати [1, 2].

Актуальность применения технологий 3D-печати с помощью бетона обусловлена возможностью создания уникальных элементов конструкций, объектов садово-парковой архитектуры или самих зданий. С позиций строительного материаловедения эта задача включает и учет технологических факторов, и, в частности требований к бетонной смеси. Особую привлекательность этих технологий связывают с возможностью проведения работ на строительной площадке, высокую степень механизации процессов и ростом производительности труда при реализации строительного-монтажных работ [3].



Рис. 1. Реализация 3D-технологий

Цель исследований, которую можно сформулировать как создание научных предпосылок для продвижения 3D-строительства на основе бетона, включает ряд технологических и организационных задач. В-первых, необходимо разработать методику подбора состава

мелкозернистого бетона. При этом бетонная смесь должна соответствовать следующим требованиям: сохранять подвижность на все время доставки от смесителя к формирующей головке принтера; при укладке в конструкцию хорошо держать форму, быстро схватываться и при твердении обеспечивать нормативную прочность бетона. Во-вторых, необходима разработка конструкций принтера.

В качестве варьируемых факторов приняты расходы: жидкого стекла (X_1), пластификатора (X_2) и стеклянного волокна (X_3). Содержание поргладцемента и песка было принят постоянным (соответственно 30% и 60%), расход воды устанавливался исходя из требуемой подвижности бетонной смеси с введенными добавками и составлял $B/T = 0,24...0,28$. В качестве функции отклика принята прочность при сжатии образцов мелкозернистого модифицированного бетона (Y_1) и его средняя плотность (Y_2). Эксперименты реализовывались по стандартным методикам определения плотности и прочности при сжатии, установленных нормативными документами [4–6].

Реализация эксперимента и статистическая обработка его результатов позволили установить уравнения регрессии, которые, с учетом оценки значимости коэффициентов (доверительные интервалы $\Delta b_1 = 0,8$ МПа и $\Delta b_2 = 18$ кг/м³) имеют вид:

$$Y_1 = 48,1 + 4,2X_1 + 5,1X_2 + 3,6X_3 + 2,8X_2X_3 - 3,2X_1^2$$
$$Y_2 = 1920 + 42X_1 + 30X_2 + 40X_3 + 21X_2X_3$$

Технологические характеристики бетонной смеси, а именно пластичность (реологическая подвижность) и сроки схватывания определялись по стандартной методики с использованием прибора Ребиндера. Установлено, что в интервалах расхода волокна 1,0–1,2% и расхода пластификатора 0,06–0,07% подвижность смеси вполне соответствует условиям прокачки её по системе трубопроводов, что обеспечивает доставку бетонной смеси от бетоносмесительного узла к печатающей головке 3D-принтера. Схватывания смеси начинается через 30–35 минут после затворения её водой, что технологически допустимо, но не формирует резервный запас по времени. Расчетный подбор состава бетона корректируется по результатам изготовления контрольных образцов.

Проведенные исследования показали, что развитие и внедрение в отечественное строительство методов строительной трехмерной печати возможно и, в недалеком будущем может стать вполне самостоятельной технологией производства строительных деталей и организации строительного производства. Особое внимание будет уделяться методам автоматизации принтеров для бетона, созданию универсального

программного обеспечения и технологическим аспектам «приготовления чернил» для принтера, то есть разработке составов и изучению реологических характеристик мелкозернистого модифицированного бетона, являющегося основой 3D-печати.

В составе мелкозернистого цементного модифицированного бетона, в качестве базового вяжущего могут использоваться портландцемент, шлакопортландцемент (или его аналоги), магнезиальный и алюминатные цементы. Армирующее волокно должно быть щелочестойким (так как работает в среде бетона), мягким, диаметров до 5 мкм и длиной не более 0,5 мм (в противном случае может быть засор головки принтера). Этим требованиям соответствуют тонкое стеклянное волокно и целлюлозные волокна как природные, так и синтетические. Модифицирующие добавки могут быть как минеральными, так и на основе полимеров. В качестве наполнителей может использоваться фракционированный кварцевый песок и измельченные отходы вторичного бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е.В. Королев, Тхань Куй Зыонг, А.С. Иноземцев. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 863-876. DOI:10.22227/1997-Г Z 0935.2018.7
2. Duballet R., Baverel O., Dirrenberger J. Classification of building systems for concrete 3D printing. *Automation in Construction*. 2017, vol. 83, pp. 247-258.
3. Ivanov L.A. Establishment of technological startups based on research and // *Nanotechnologies in Construction*. 2019, Vol. 11, no. 2, pp. 207–216. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-207-216.
4. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В., Медведев А.А., Демисси Б.А. Применение статистических методов для решения задач строительного материаловедения // *Нанотехнологии в строительстве*. – 2020. – Том 12, № 6. – С. 313–319. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-6-313-319.
5. A.D. Zhukov, I.V. Bessonov, Demissi Bekele A., E.A. Zinoveva. Analytical optimization of the dispersion-reinforced fine-grained concrete composition // *CATPID 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 1083. (2021) 012037. doi:10.1088/1757-899X/1083/1/012037.
6. Zhukov A., Efimov B., Isachenko S., Kodzoev M.-B., Dosanova G. and Bobrova E. [Dispersed reinforcement in concrete technology](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001032). Published online: 09 August 2019 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001032>.

*Магистранты 2-го года обучения 31 группы ИСА Быканова М.С.,
Егорова Н.В.*

*Научные руководители – асп. 1-го года обучения М. Содомон, доц.,
канд. техн. наук, доц. И.В. Степина*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Всем известно, что примерно половина потребляемой в мире энергии расходуется на поддержание комфортной температуры внутри производственных и жилых помещений в холодный период года. При этом необходимо отметить, что высокая доля энергии расходуется неэффективно из-за теплопотерь [1]. Через стены жилых зданий теряется до 45 % тепла, через оконные и дверные проемы – 33 %, через чердаки и полы – 22 % тепловой энергии. Большое значение имеет температура окружающей среды.

Необходимо отметить, что повышенный расход энергии для обогрева строений не эффективен не только с точки зрения экономики, но и причиняет вред окружающей среде. Уже давно установлено, что чрезмерные выбросы в атмосферу CO₂, образующегося при сжигании топлива разных видов, вызывают опасный для нас парниковый эффект. Каждый ли из нас осознает, что около 30-35 % общего количества выбрасываемой в воздух двуокиси углерода – это результат отопления помещений [2]. Таким образом, теплоизоляционные материалы (ТИМ) являются одними из немногих промышленных продуктов, эффективность которых напрямую связана с защитой окружающей среды от излишних выбросов парниковых газов.

С учетом высоких требований к экологии современного жилища целесообразно для изготовления теплоизоляционных материалов использовать экологически чистое сырье. В качестве такового может служить растительное сырье.

В настоящее время среди различных видов растительного сырья наиболее популярна для изготовления теплоизоляционных плит переработанная древесина. В качестве основы материала используются переработанные и модифицированные отходы древесины: опилки, стружка, горбыль. Получены перспективные результаты изготовления изделий на основе рисовой соломы, тростника, торфа.

Разработана ресурсосберегающая технология переработки древесных отходов и изготовления теплоизоляционного материала на основе древесного наполнителя. В составе материала используют также поризованное минеральное связующее, а изделия изготавливают с полимерным покрытием [3]. Авторами [4] описана фанерная ячеистая

плита, созданная из отходов деревообработки и обладающая высокими теплофизическими и прочностными характеристиками. В работе [5] представлено два вида теплоизоляционных материалов на основе отходов деревообработки: на основе минерального связующего и на основе полимерного связующего. Показана их высокая эффективность.

Древесный композит является пористым материалом, доля пустот в нем достигает 70%. Дополнительно к этому немаловажную роль играет пространственное расположение растительных волокон в составе древесно-полимерных композитов. Располагаясь поперек воздушного потока, они препятствуют теплообмену конструкции с окружающей средой [6]. Кроме того волокна целлюлозы из состава лигно-углеводного комплекса клеточных стенок древесного сырья образуют достаточно прочный каркас в составе теплоизоляционных композитов. Нельзя не учитывать и тот факт, что применение отходов деревообработки имеет положительный экономический эффект, так как решает не только проблему сырья, но и проблему утилизации отходов, а это влечет за собой дополнительный вклад в улучшение экологической обстановки населенных пунктов [6].

Для производства ТИМ применяют и травянистое сырье, например, костра льна и конопля, солома, камыш, торф. Так авторами разработаны технологические решения для получения гранулированного экологически безопасного теплоизоляционного материала на основе костры льна. В составе костроволоклита, в качестве связующего используются содержащиеся в костре пектины и гемицеллюлоза [6]. В работе [7] предложен новый теплоизоляционный материал – гофрокартонная плита, теплопроводность которой соизмерима с теплопроводностью эффективных теплоизоляционных материалов [7]. В статье [9] показана эффективность трудногорючих, водостойких и прочных теплоизоляционных материалов на основе соломы и жидкого стекла.

В рамках своей работы мы решили использовать местное растительное сырье - стебли борщевика Сосновского, являющегося инвазионным видом, для производства теплоизоляционных материалов. Стебли борщевика имеют пористую структуру и очень низкую плотность и могут быть использованы для создания эффективных теплоизоляционных материалов.

В свою очередь изъятие вегетативной части этого широко распространенного в Московской области сорного растения для целей производства позволит не только сэкономить на стоимости материала, но и улучшить экологическую обстановку агроэкосистем Подмосковья. Для обеспечения биостойкости конечного продукта было решено антисептировать исходное растительное сырье «Ксилостатом» –

эффективным огнебиозащитным составом на основе боразотных соединений и воды. В ходе модифицирования было обнаружено, что под действием модификатора происходит деполимеризация низкоуглеводной и ароматической частей лигно-углеводного комплекса клеточных стенок борщевика, кроме того, при модифицировании вымываются экстрактивные вещества. Таким образом, модифицирование приводит к существенному изменению структуры и состава подложки. С помощью ИК-спектроскопии установлено наличие модификатора в составе клеточных стенок, микрофотографии, полученные с помощью электронного микроскопа, показали равномерное распределение модификатора в межклеточном пространстве. С учетом того, что перечисленные исследования проводились после продолжительной экстракции водой, приводящей к вымыванию избытка модификатора, можно говорить о хемосорбции боразотных соединений субстратом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Энергетическая эффективность и методология создания теплоизоляционных материалов//Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2014. - №4. – С.1-6.
2. Степанов В.В., Игнатьева Г.И. Производство древесно-наполненных теплоизоляционных материалов на минеральном вяжущем и полимерных компонентах//Деревообрабатывающая промышленность. – 2012. - №3. – С.64-66.
3. Сергиенко А.В., Яцун И.В. Инновационный теплоизолирующий древесный ячеистый материал//Научный журнал «Апробация». – 2015. - №4. – С.11-13.
4. Зиатдинова Д.Ф., Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф., Левашко Л.И. Анализ современного состояния производства теплоизоляционных материалов и возможности создания новых материалов из отходов деревообработки//Вестник технологического университета. – 2011. - № 18. – С.63-68.
5. Белопухов С.Л., Кочаров С.А., Сторчевой В.Ф. Теплоизоляционные материалы из отходов льняного производства//Научное обозрение. – 2016. - №4. – С.15-20.
6. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Гофрокартонная плита – эффективный теплоизоляционный материал//Строительные материалы. – 2014. - №10. – С. 24-27.
7. Солдатов Д.А., Хозин В.Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы//Известия КГАСУ. – 2013. - №1. – С.197-201.

«ЖИВОЙ» БЕТОН

Применение самовосстанавливающегося бетона является одним из результативных и экономичных способов герметизации трещин в железобетонных конструкциях. Одним из первых ученых, которому удалось получить самовосстанавливающийся бетон с использованием бактерий, стал голландский микробиолог Хенк Джонкерс. Он назвал этот бетон «биобетоном».

Идея его изобретения состоит в применении особых цианобактерий, которые при внедрении в поры и капилляры бетона способны выживать, питаясь лактатом кальция.

Для обеспечения пребывания бактерий в толще бетона их помещают в капсулы, заполненные лактатом кальция – источником питания. Для равномерного распределения капсул в бетоне их смешивают с песком. При попадании влаги в трещину бетона, капсулы разрушаются (рис. 1) [1, 2, 3].

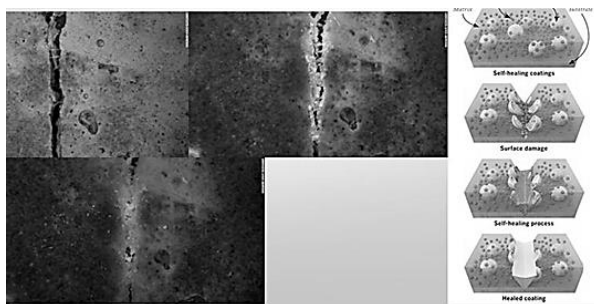
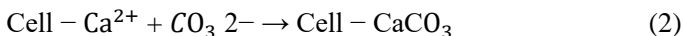
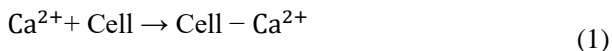


Рис.1 Действие живых бактерий при проникновении воды в трещину

В этой среде бактерии размножаются и питаются кальцием. Ионы карбоната и лактат кальция образуют известняк, который заполняет трещины и пустоты бетона, повышая его плотность.

Данный процесс можно описать с помощью химических формул. Инкапсулированные микроорганизмы в защитных матрицах растворяются при проникновении воды в толщу бетона и освобожденные *Synechococcus* потребляют лактат кальция, благодаря чему происходит химическая реакция. В результате получается известняк или кальцит, который заполняет трещины. Клеточная мембрана бактерий имеет отрицательный заряд, поэтому бактерии

извлекают катионы из окружающей среды, в том числе Ca^{2+} . Ионы Ca^{2+} впоследствии вступают в реакцию с C , образуя CaCO_3 , который заполняют трещины.



где Cell - клеточная мембрана бактерий.

Особенности «живого» бетона.

Основным преимуществом «живого» бетона является его способность к самовосстановлению в случае образования трещин, пустот и других дефектов; при этом показатели прочности «восстановленного» бетона не изменяются.

Главным условием жизнеспособности бактерий является высокая влажность среды их обитания. В зависимости от изменения влажности меняется продолжительность жизнеспособности образцов. При поддержании относительной влажности 50% или 100% - 69% исходного инокулята выживали до 14 дней. При оценке через 30 дней примерно 9% и 14% исходного инокулята выжили в LBM (живых строительных материалов), хранящемся при 50% и 100% относительной влажности. Как и ожидалось, живые строительные материалы, хранящиеся при температуре 4°C с относительной влажности окружающей среды 24% демонстрировали пониженную жизнеспособность по сравнению с теми, которые хранились при более высокой влажности. При этой более низкой влажности приблизительно 37% исходного инокулята сохранялось в течение 14 дней, в то время как жизнеспособность не была обнаружена в течение 30 дней (рис. 2) [4, 5].

Эта потеря жизнеспособности тесно связана со временем достижения равновесной массы путем контролируемого обезвоживания.

Таким образом, основной угрозой выживания бактерий в материале является значительное снижение влажности («засуха»). В настоящее время ведутся исследования по созданию условий выживания бактерий при низкой влажности, обеспечивая при этом сохранение целостности материала.

Было также установлено, что благодаря регулированию температуры и влажности, можно переводить работу бактерий то в состояние покоя, то наоборот, стимулировать их деятельность.

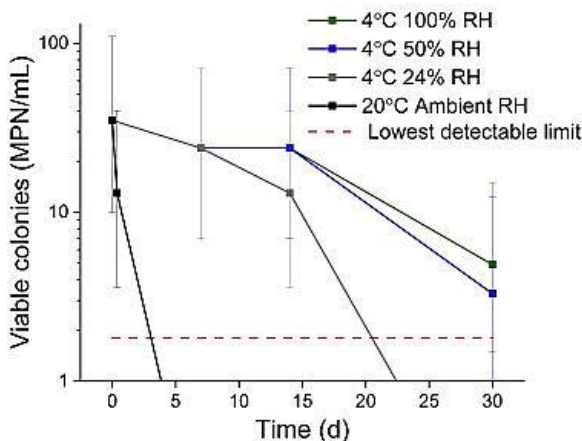


Рис.2 Жизнеспособность цианобактерий (Синехококк) через 30 дней

Самовосстанавливающийся «живой» бетон – это материал, требующий дополнительного исследования. Применение такого бетона в строительстве позволит повысить долговечность строительных конструкций. Кроме того, использование цианобактерий вполне возможно не только для «лечения» бетона, а также в стеновой керамике и других материалах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнилова М.В., Антончик Т.В. Самовосстанавливающийся бетон // Сборник статей Международной научно-практической конференции. В4-х частях. 2017 С. 51-53.
2. Аскеров М.Д., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляционный состав для пропитки поверхности бетона// Патент на изобретение RU 2350583 С1,27.03.2009. Заявка № 2007133000/03 от 04.09.2007.
3. Balazs A.C. Modeling self-healing materials // Materials today. 2007 Sep1; 10(9):18-23.
4. Heveran C.M., Williams S.L., Qiu J., Artier J., Hubler M. H., [электронный ресурс].URL:[https://www.cell.com/matter/fulltext/S2590-2385\(19\)30391-1](https://www.cell.com/matter/fulltext/S2590-2385(19)30391-1).
5. Hearn, N., Morley, C. T. Self-sealing property of concrete. Experimental evidence // Materials and Structures. 1997 V. 30 P. 404-411.

Студенты магистратуры 2-го года обучения 31 группы ИСА Егорова Н.В., Быканова М.С.

Научные руководители – асп. 1-го года обучения М. Содомон, доц., канд. техн. наук, доц. И.В. Степина

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО БОРЩЕВИКА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Анализ данных литературы по использованию древесного и растительного сырья для производства теплоизоляционных материалов (ТИМ) [1-6] показал их высокую эффективность как с точки зрения сокращения потерь тепла зданиями в процессе эксплуатации, не уступающую минеральным и полимерным ТИМ, так и, в отличие от последних, высокую экологичность, безвредность для здоровья обитателей жилых и производственных помещений. Кроме этого, необходимо отметить и экономическую целесообразность производства и применения теплоизоляции из древесного и растительного сырья. Таким образом, решается проблема не только экономии средств на сырье, но и экономятся средства на утилизацию отходов производства вышеперечисленных промышленных предприятий.

Учитывая все вышесказанное, было решено использовать для производства ТИМ местное растительное сырье, широко распространенное в Московской области – легкие и пористые стебли борщевика Сосновского. Борщевик Сосновского буквально оккупировал агробиоценозы Подмоскovie. Благодаря своей неприхотливости, быстрому набору вегетативной массы, массивности он вытесняет другую растительность в местах своего обитания, а это достаточно обширные ареалы, рис. 1.



Рис. 1 Распространение и обилие борщевика Сосновского в России и Европе. Рисунок с сайта rg.ru

В клеточных стенках борщевика содержится фуранокумарины, которые при контакте с кожей вызывают сильнейшие ожоги, а также существенно понижают качество продукции животноводства.

Выращивать его перестали, но одичавшие формы быстро распространялись самопроизвольно. В Московской области площадь поражения борщевиком в настоящее время составляет не менее 32 тыс. гектаров [7]. С 1 ноября 2018г. вступили в силу поправки к Закону №191/2014-ОЗ, которые вводят ответственность за борьбу с борщевиком и возлагают ее на владельцев земельных участков – как на юридические, так и на физические лица.

Некоторые исследователи уже заинтересовались борщевиком Сосновского. Так в работе [7] его использовали в качестве заполнителя для бетона. В работе [8] из стеблей борщевика изготавливали углеродные нановолокна для электродов суперконденсаторов.

Одним из основных требований, предъявляемым к ТИМ является долговечность материала. Поэтому исходное растительное сырье было решено модифицировать четырехкоординационным боразотным соединением, являющимся эффективным антисептиком и антипиреном.

Таблица 1.

Изменение массы образцов в процессе модифицирования, экстракции и сушки

№ пп	T модиф-я, °C	T сушки, °C	Исходная масса образцов, г	Масса образцов после модифици-я и сушки**, г / % прироста	Масса образцов после экстракции и сушки**, г / % прироста
1	25	25	5	12,0 / 140	7,3 / 46
2	25	105	5	12,6 / 152	8,8 / 76
3	50	25	5	13,7 / 174	7,6 / 52
4	50	105	5	14,0 / 180	7,8 / 56
5	75	25	5	13,7 / 174	8,1 / 62
6	75	105	5	14,3 / 186	10,3 / 106
7	100	25	5	18,3 / 266	11,8 / 136
8	100	105	5	20,9 / 318	12,5 / 150
9	контроль*	контроль	5	5	4,4 / -12

В табл. 1 показаны результаты весового анализа модифицированных измельченных стеблей Борщевика. Из таблицы видно, что исходное растительное сырье обладает высокой сорбционной способностью по отношению к моноэтаноламин(N→В)тригидроксидоборату. Данные ИК-спектрометрии модифицированных образцов, рис. 2, свидетельствуют о существенном изменении состава подложки, а именно о делигнификации и гидролизе гемицеллюлоз, а также о привитии молекул модификатора к структуре клеточных стенок. Присутствие боразотного соединения в составе лигноуглеводного комплекса стеблей должно обеспечить повышенную биостойкость и огнезащищенность конечного продукта.

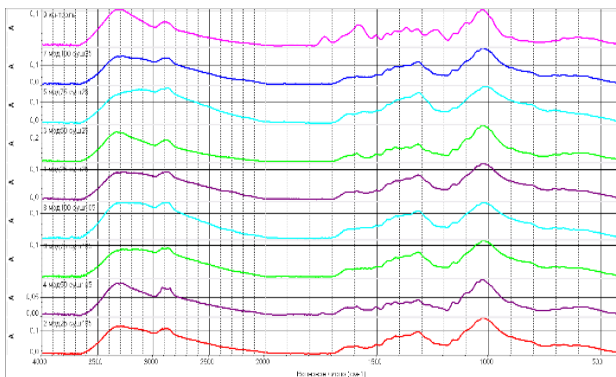


Рис.2 ИК-спектроскопии модифицированных образцов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов В.В., Игнатъева Г.И. Производство древесно-наполненных теплоизоляционных материалов на минеральном вяжущем и полимерных компонентах//Деревообрабатывающая промышленность. – 2012. - №3. – С.64-66.
2. Сергиенко А.В., Яцун И.В. Инновационный теплоизолирующий древесный ячеистый материал//Научный журнал «Апробация». – 2015. - №4. – С.11-13.
3. Зиатдинова Д.Ф., Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф., Левашко Л.И. Анализ современного состояния производства теплоизоляционных материалов и возможности создания новых материалов из отходов деревообработки//Вестник технологического университета. – 2011. - №18. – С.63-68.
4. Белопухов С.Л., Кочаров С.А., Сторчевой В.Ф. Теплоизоляционные материалы из отходов льняного производства//Научное обозрение. – 2016. - №4. – С.15-20.
5. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Гофрокартонная плита – эффективный теплоизоляционный материал//Строительные материалы. – 2014. - №10. – С. 24-27.
6. Солдатов Д.А., Хозин В.Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы//Известия КГАСУ. – 2013. - №1. – С.197-201.
7. Мусорина Т.А., Наумова Е.А., Шонина Е.В. и др. Теплофизические свойства энергоэффективного материала на основе растительной добавки (сухой борщевик)//Вестник МГСУ. – 2019. - №12. – С.1555-1571.
8. Табаров Ф.С., Астахов М.В., Климонт А.А. и др. Углеродные нановолокна как электропроводящая добавка для электродов суперконденсаторов//Российские нанотехнологии. 2019. - №1-2. – С.13-18.

*Студентки магистратуры 1 курса 22 группы ИСА Ермолаева А.А.,
Дорожкина А.Н.*

Научный руководитель – преподаватель Шумилина Ю.С.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ

Ремонтные работы являются одним из основным способом повышения долговечности строительных конструкций и обеспечения их функционирования с соблюдением нормативных требований.

Капитальный ремонт – это комплекс мероприятий по обновлению, санации и восстановлению строительных конструкций, в том числе несущих в многоквартирном доме (Далее — МКД). В программу капитального ремонта включают также следующие инженерные системы [1]: внутридомовые газо-, электро-, тепло- системы, системы водоснабжения и водоотведения; ремонт, замена или усовершенствование лифтов, реконструкция лифтовых шахт, машинных и блочных помещений; восстановление крыши, фасада и фундамента МКД; восстановление подвальных помещений, входящих в состав имущества, принадлежащего многоквартирному дому (Далее — ОИ МКД).

За счет использования средств из фонда капитального ремонта (Далее — ФКР) спонсируется оказание и исполнение перечисленных работ и услуг. Сумма взноса на капитальный ремонт назначается исходя из минимального размера взноса, регламентированного нормативным правовым актом субъекта РФ. Законодательством допускается расширение регионами списка проводимых мероприятий [2–4]. В зависимости от условий и уровня юридического сопровождения объекта возможно использование средств, получаемых от страховых выплат.

Представительским и не только, элементом любого здания являются фасады. Изоляционные оболочки фасадов являются также одним из основных теплосберегающих конструктивных решений [5, 6]. В зависимости от типа фасада в качестве теплоизоляции используются плиты из пенополистирола или пенополиизоцианурата (СФТК), минераловатные плиты (СФТК и вентилируемые фасады). Финишные покрытия – в СФТК – это многослойные штукатурки, а в СВФ – различные облицовки, в том числе на основе плит из кераморанита или фиброцементных листов.

При утеплении МКД применяют также долговечную энергосберегающую краску, обладающую звукоизоляционными и антикоррозийными свойствами.

Имеется опыт применения в строительстве углепластика и композиционных материалов на его основе. Эти полимерные композиты содержат в своей матрице углеродные волокна (Далее — УВ). Эти углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т.д.

В сравнении с аналогичным стеклопластиком углепластик имеет ряд преимуществ и, в частности, более высокий модуль упругости. Углепластик, это легкий, прочный материал, проводящий электричество. Коэффициент линейного расширения УВ и углепластиков практически нулевой. УВ являются прекрасными сорбентами — веществами, применяющимися для поглощения газов, паров и растворенных веществ.

На базе углеродной матрицы и УВ производят композиционные углеграфитовые материалы. Это наиболее термостойкие композиционные материалы. Эти материалы способны долго выдерживать температуры до 3000 °С в инертных или восстановительных средах.

Для облицовки внутренних и наружных стен здания стали активно применять такой современный строительный материал, как фиброцемент. Он имеет следующие положительные свойства: высокую огнестойкость, прочность и морозостойкость. Цемент придает материалу прочность и устойчивость к влаге, а минеральные наполнители делают фиброцементные плиты пластичными. Фиброцементные панели (Далее — ФЦП) используют для навесных фасадов здания. Имея множество цветовых решений, они дают возможность создать оригинальный навесной фасад, который обладает высокой огнеупорностью, стойкостью покрытия к влажности и поверхностного загрязнения. Почти любая грязь смывается с поверхности ФЦП, а некоторые виды плит отторгают даже мазут.

Балконы также приводят в порядок, во время ремонта фасадов здания. Для этого делают новую гидроизоляцию, помогающую избавиться от плесени и плохих запахов, а также увеличивает срок службы балкона.

К новым материалам для внутренней отделки также можно отнести стекломгнезитовые листы (Далее — СМЛ). Гипсовый лист (Далее — ГКЛ) является самым популярным и доступным традиционным отделочным материалом, а СМЛ – продукт следующего поколения. Он обладает низкой теплопроводностью, морозостойкостью и водонепроницаемостью, а также высокой прочностью и гибкостью. Этот материал очень легкий и удобен в работе – легко сверлится.

Капитальный ремонт также предусматривает установку окон нового поколения. В наше время мало кто выбирает деревянные оконные рамы,

на много чаще используют окна из поливинилхлоридных профилей, которые лучше сохраняют тепло здания.

Для покрытия крыш зданий при капитальном ремонте используют полимерную пленку, она гарантирует высокую водонепроницаемость. Для утепления чердаков используют плиты из пенополистирола, на которые наносят тонкий слой цемента. Плиты не впитывают воду, огнеустойчивы, служат отличной звукоизоляцией и не способствуют распространению грибка и грызунов. Зимой поддерживают необходимую температуру и влажность, не образуют наледи и сосулек на крышах.

Даже используя качественные материалы и современные технологии строительства, здания не могут сохранять свои первоначальные свойства вечно. Каждое здание со временем нуждается в проведении капитального ремонта. Это лучший способ, чтобы поддержать здание в отличной форме. Со временем очередь дойдет до всех многоквартирных домов. В связи с этим в последние годы появляется все больше новых видов строительных материалов. Их разрабатывают, так как они имеют лучше характеристики, чем их аналоги. Главная цель применения новых материалов – снижение затрат, быстрота возведения и эффективное энергосбережение, а также долговечность зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 02.01.2021).

2. Постановление Правительства Москвы от 29.12.2014 N 833-ПП (ред. от 20.12.2016) Об установлении минимального размера взноса на капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах на территории города Москвы.

3. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

4. Приказ Минстроя России от 15.02.2017 N 98/пр «Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме».

5. Bobrova Ekaterina, Pilipenko Anton and Zhukov Alexey. [Insulating sheath system and energy efficiency of buildings](#). 02019 // Published online: 02 April 2019. TPACEE 2018

DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102019>

6. Umnyakova N., Bessonov I., Zhukov A., Zinoveva E. The effectiveness of facade systems 00013 // MATEC Web of Conferences (ICMTMTE 2019). Published online: 18 November 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929800013>

ПРОЧНАЯ ЗАМЕНА АРМИРОВАННОМУ БЕТОНУ

В настоящее время бетон - широко используемый конструкционный материал. Несмотря на то, что бетон прочен на сжатие, он слаб на растяжение и демонстрирует низкую пластичность из-за низкого сопротивления росту трещин. С увеличением прочности на сжатие бетон становится еще более хрупким, поэтому для повышения его стойкости требуется соответствующее армирование.

В сети [1] появилась информация о том, что ученым из Калифорнийского университета в Беркли удалось найти более прочную замену традиционному армированному бетону. Новый материал был создан с использованием октетной полимерной решетки, изготовленной из полимолочной кислоты (*PLA*) или акрилонитрилбутадиенстирола (*ABS*).

Решетки успешно превратили хрупкий высококачественный бетон (*UHPC*) в пластичный материал с характеристиками деформационного упрочнения; все образцы на изгиб показали многократное растрескивание и деформационное упрочнение вплоть до пиковой нагрузки.

Полученная пространственная структура отличается удивительным свойством сочетать в себе одновременно и легкость, и прочность.

В качестве арматуры для сверхвысокопрочного бетона были изготовлены две конфигурации октетных решеток: одна с низким коэффициентом армирования объема (19,2%) и одна с высоким коэффициентом армирования объема (33,7%). Более высокий процент армирования был достигнут за счет увеличения диаметра элемента октетных элементарных ячеек.

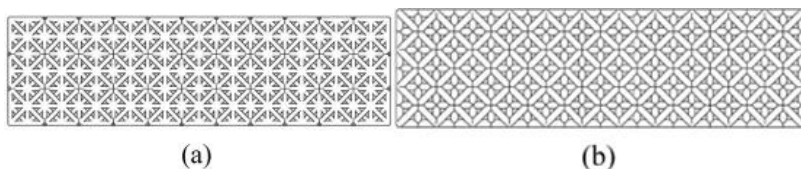


Рис. 1. Виды армирующих решеток: а) 19,2% объемной доли; б) 33,7% объемной доли. Решетка (б) имеет более толстые элементы и, следовательно, более высокую объемную долю, чем (а).

Диаметры элементов были выбраны таким образом, чтобы они в несколько раз превышали диаметр экструзионного сопла используемого 3D-принтера (диаметр сопла составлял 1,2 мм для образцов при изгибе и

0,4 мм для образцов при сжатии). Длины элементарных ячеек 11,7 и 23,5 мм были выбраны достаточно большими, чтобы цементная смесь могла легко протекать через промежутки решетки, и в то же время достаточно маленькими, чтобы несколько элементарных ячеек могли быть включены в образец, который можно было напечатать в рациональные сроки и размер которого был управляемым для тестирования.

Кубические и балочные решетки были напечатаны в 3D. Затем эти решетки были пропитаны высококачественным бетоном и испытаны на сжатие и четырехточечный изгиб соответственно. Размеры образцов были выбраны таким образом, чтобы в любом направлении было не менее трех элементарных ячеек. В то время как объемные доли октета оставались неизменными для образцов при сжатии и изгибе, масштаб структуры октета изменился. Октеты удваиваются по шкале для образцов при изгибе по сравнению с образцами при сжатии.

Решетчатые призмы для испытаний на изгиб были напечатаны методом объёмной печати из полилактида с использованием сопла диаметром 1,2 мм. Сопло диаметром 1,2 мм довольно грубое, что позволяет печатать каждый луч менее чем за 24 часа. Термомеханические свойства *PLA* позволили печатать эти решетки без каких-либо опорных конструкций. Для изготовления компрессионных кубов из *PLA* использовалась установка с диаметром сопла 0,4 мм, который также не требовал никакого опорного материала. После печати материал подложки растворяли в ультразвуковой ванне с 2% - ной концентрацией гидроксида натрия.

Как кубические, так и призмные решетки были пропитаны сверхвысокопрочным бетоном, в состав которого входит цемент, зола уноса, микрокремнезём, суперпластификатор, кремнеземистые пески, стеклянный порошок и микрокремнезем. Прочность на сжатие аналогичного УНРС в возрасте 7 суток составляла 119 МПа.

Для создания армированных балок решетки помещались в формы, ориентация решеток контролировалась таким образом, чтобы направление нагружения при испытаниях на изгиб совпадало с направлением оси сетки. Затем решетки инфильтровали УНРС, а для облегчения инфильтрации использовали вибростол. Добавление золы уноса и суперпластификатора привело к получению бетона с высокой удобоукладываемостью, который смог полностью проникнуть в каждую решетку. Та же процедура применялась и для отливки армированных кубов.

Таким образом, 1,4% по объему волокон было самым высоким процентом объема, который мог быть включен в смесь УНРС, все еще позволяя смеси быть достаточно удобоукладываемой, чтобы отлить прямоугольную балку. Все балки и кубические образцы хранили и

отверждали в камере нормального твердения (с относительной влажностью 95% при комнатной температуре) перед испытанием на 7-й день.

Одноосное сжатие и четырехточечный изгиб проводились на универсальной испытательной машине с тензодатчиком 530 кН. Как для испытаний на сжатие, так и для испытаний на изгиб перемещения измерялись с помощью двух линейных дифференциальных трансформаторов с переменной величиной в передней и задней части образцов, измерения усреднялись для вычисления прогиба. На одном из 19,2% решетчатых усиленных балок и одном из 33,7% решетчатых лучей вместо второго *LVDT* была использована методика цифровой корреляции изображений (*DIC*).

Образцы бетона, армированного решеткой, были созданы путем изготовления полимерных решеток и пропитки этих решеток бетоном со сверхвысокими характеристиками. Эти образцы из железобетона продемонстрировали высокую пластичность как при сжатии, так и при изгибе. Испытания на сжатие показали высокие значения плотности деформации, при этом выбор полимерного материала (*PLA* или *ABS*) не оказал существенного влияния. Однако увеличение процента усиления решетки привело к снижению и большей изменчивости их прочности на сжатие. Что касается изгиба, все армированные решеткой балки продемонстрировали деформационное упрочнение до пиковой нагрузки, и самые высокие пиковые нагрузки наблюдались с более высоким усилением решетки 33,7%. *DIC* использовался для исследования полей деформации и получения информации о структуре трещин во время изгибной нагрузки.

Решетчатая арматура позволяет контролировать размещение армирующего материала и, следовательно, оптимизировать его для конкретных случаев нагружения. Использование крупноформатных экструзионных принтеров позволит и увеличить производительность, и устранить эффекты наслоения внутри элементов печатных решеток, поскольку одна большая экструдированная нить полимера может.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. J.E. Bolander, S. Choi & S.R. Duddukuri, Fracture of fiber-reinforced cement composites: effects of fiber dispersion. International Journal of Fracture volume 154, (2008) pages73–86.
2. P. Stahli, R. Custer, J.G.M. van Mier, On flow properties, fibre distribution, fibre orientation and flexural behaviour of FRC Materials and Structures (2008) 41:189–196.
3. E.V. Sarmiento, M.R. Geiker, T. Kanstad, Influence of fibre distribution and orientation on the flexural behaviour of beams cast from flowable hybrid polymer–steel FRC Construction and Building Materials, Volume 109, (2016), Pages 166–176.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ВЫБОР ДЮБЕЛЕЙ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В СФТК

Системы фасадные теплоизоляционные композиционные (СФТК) представляют собой современные эффективные системы наружной теплоизоляции фасадов «мокрого» типа (с тонким штукатурным слоем), предназначенные для отделки и утепления наружных стен зданий и сооружений.

Изоляционная оболочка (включающая подконструкцию, а также тепло- гидро изоляционные и отделочные материалы) является одним из основных элементов защиты конструкции здания от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды [1]. Клеевые и штукатурно-клеевые цемент содержащие составы позволяют надежно зафиксировать теплоизоляционный материал на стене здания, а также обеспечить его защиту от водонасыщения. Но прочность сцепления при растяжении самого утеплителя недостаточна, чтобы нести на себе весовую нагрузку внешнего штукатурного слоя. Поэтому, кроме адгезионной фиксации утеплителя клеевым раствором, он закрепляется на фасаде специальными тарельчатыми дюбелями. Повышение энергоэффективности и энергосбережения зданий, в том числе теплоизоляция фасадов – это путь реального прогресса в решении данной приоритетной проблемы [2].

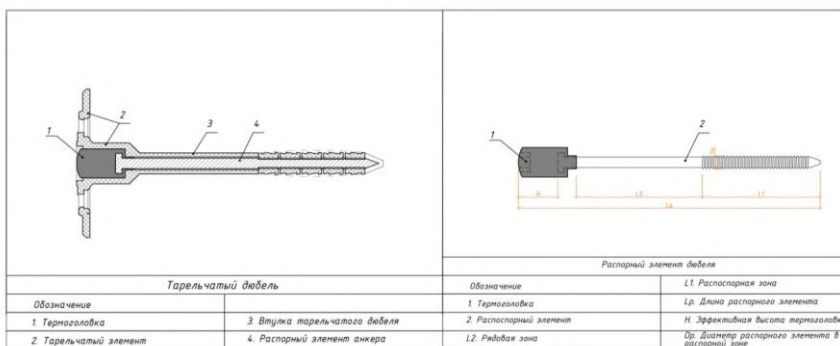


Рис. 1. Тарельчатый анкер

Рис. 2. Распорный элемент

Для фасадных теплоизоляционных композиционных систем тенденцией настоящего времени является выбор наилучших проектных

и технических решений [3]. И касается это всех элементов фасадных систем, в том числе и теплоизоляционных материалов (в частности экструдированного пенополистирола, пенополиизоцианурата и теплоизоляционных плит фасадных на основе каменной ваты), и тарельчатых дюбелей для крепления этих плит в СФТК.

На рис. 1 и 2 показана конструкция тарельчатого анкера и распорного элемента к нему. Надёжное закрепление теплоизоляционного слоя достигается, когда тарельчатый дюбель проходит сквозь утеплитель, клеевой раствор и фиксируется распорной частью в основании стены.

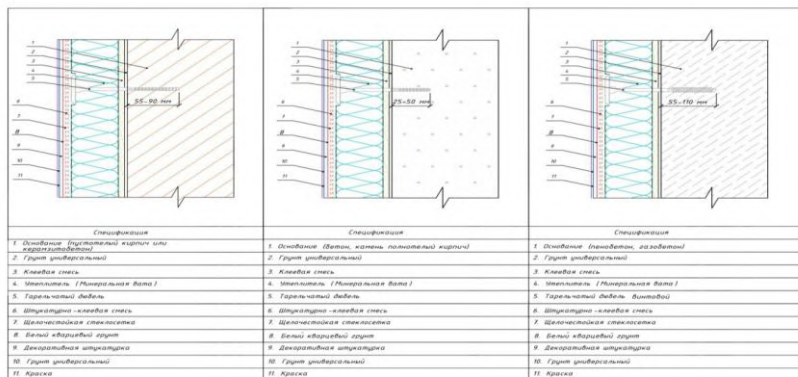


Рис. 3-5. Крепление теплоизоляционного материала к разным основаниям

На рис. 3, 4 и 5 показано крепление теплоизоляционного материала к разным основаниям (бетон и полнотелый кирпич; поризованный кирпич; газосиликатный камень). Только указанная на рисунках глубина анкеровки гарантирует надёжную фиксацию утеплителя к основанию, что необходимо для обеспечения долговременного функционирования СФТК.

Расчёт общей длины тарельчатого дюбеля производится по формуле:

$$L = E + H + R + V,$$

где **E** – длина распорной части дюбеля, **H** – толщина утеплителя, **R** – толщина слоя клея, **V** – отклонение от вертикальной плоскости

Расчёт необходимой требуемого количества анкеров с тарельчатым дюбелем на единицу площади СФТК производится по СП 293.1325800-2017 [4] с учётом материалы стены здания, толщины слоя утеплителя, а также высоты здания, ветровой нагрузки, расчётного сопротивления вытягивающему усилию. На углах здания (краевые зоны) ветровая

нагрузка выше, поэтому частота расположения дюбелей на 1 м² основания больше относительно середины здания. Ширина краевой зоны составляет 0,125 длины объекта, но не менее 1 метра и не более 2 метров.

Тарельчатые дюбеля при закреплении плит теплоизоляции необходимо распределять таким образом, чтобы были охвачены вертикальные и горизонтальные стыки плит. Также на каждой плите в её центральной части размещают 1-4 дюбеля.

На рисунках 1 и 2 цифрой 1 отмечена термоголовка – важный элемент тарельчатого дюбеля. Без неё стальной распорный элемент дюбеля будет “мостиком” холода, при этом фасадная система может потерять теплозащитные свойства. Термоголовка на этих рисунках показана монолитной, она изготавливается, как правило, из стеклонаполненного полиамида. Тогда она будет иметь необходимую прочность и достаточную теплоизолирующую способность. Термоголовка предотвращает увлажнение и охлаждение распорного элемента дюбеля. Максимальный теплоизолирующий эффект имеют термоголовки, у которых создаётся герметичная воздушная камера после забивания или завинчивания распорного элемента и установки сверху дополнительной заглушки.

Правильно расположенная заглушка и герметичность воздушной камеры являются обязательными условиями сохранения минимальной теплотехнической неоднородности на тарельчатом дюбеле. Использование наиболее эффективных решений при устройстве СФТК требует высокой квалификации строителей.

Вывод: тарельчатый дюбель является важным элементом СФТК и при его выборе необходим взвешенный подход с учетом основных требований нормативной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Жеребцов А.В.* Теплоизоляция цокольных и первых этажей: система фасад PRO с эффективной теплоизоляцией Пеноплекс // Строительные материалы. Оборудование Технологии XXI век – 2016. – №5-6. – С. 9-11.

2. *Крышов С.И.* Натурные исследования показателей теплозащиты панельных стен и стен с навесной вентилируемой системой теплоизоляции фасадов // Алитинформ – 2017. – №4-5. – С. 72-81.

3. *Umnyakova N., Bessonov I., Zhukov A., Zinoveva E.* **The effectiveness of facade systems** 00013 // MATEC Web of Conferences (ICMTMTE 2019). Published online: 18 November 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929800013>.

4. СП293.1325800.2017 СФТК. Правила проектирования и производства работ

ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ШЛАКА НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА

Использование тонкодисперсных минеральных (ТДМ) добавок является одним из существенных резервов снижения расхода цемента и стоимости минеральных вяжущих, а также улучшения прочностных свойств этих вяжущих. Это касается и развития технологий высокопрочных долговечных бетонов, для которых характерен высокий удельный расход портландцемента на единицу прочности.

Очевидным является то, что для высокопрочных бетонов значимым фактором является формирование особо плотной структуры, характеризующейся высокой концентрацией твердой фазы в единице объема. Для обеспечения наилучшего и качественного самоуплотнения бетонной смеси понижают водоцементное (водовяжущее) соотношение, увеличивают плотность бетонной смеси, а также снижают фракцию используемого крупного заполнителя и его расход.

Увеличение плотности смеси возможно за счет улучшения дисперсно-гранулометрического состава на различных структурных уровнях. Целью является высокое наполнение смеси твердой фазой и снижение водоцементного отношения [1–3, 6, 7]. Это обеспечивает минимальный расход портландцемента и его высокие строительно-технические свойства. Уменьшение содержания портландцемента в цементном тесте возможно путем введения в состав бетона высокодисперсных минеральных добавок. Как правило, в качестве минеральных добавок – наполнителей используют продукты-отходы различных производств. К таким продуктам можно отнести: золу-уноса ТЭЦ, микрокремнезем, тонкодисперсный шлак. [5–7].

Ведением в качестве мелкого заполнителя – тонкодисперсной минеральной добавки в бетонную смесь, вместо песка или частичного замещения клинкера портландцемента можно получить цементную пасту с наиболее низким предельным напряжением сдвига, тем самым исключив седиментационные процессы. Бетонная смесь при таком раскладе получается более вязкой, без водоотделения и расслоения. Важный аспект - выбор вида, дисперсности, а также пуццолановой активности минеральной добавки обеспечивает высокую концентрацию твердой фазы в единице объема [1, 2, 6, 7].

Рассмотрим возможные модели взаимодействия клинкера и тонкодисперсной добавки (шлака), а также определим параметры, при

которых происходит повышение плотности многокомпонентной цементной системы (см. рис. 1).

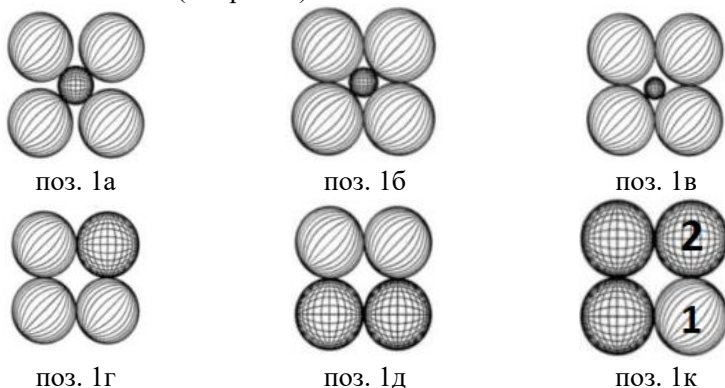


Рисунок 1 (а-к). Возможные схемы взаимодействия клинкерного компонента (1) и частиц минерального тонкодисперсного заполнителя (2).

Уровней по дисперсности состава всего три: первый – самый оптимальный (см. рис. 1, поз. 1б), при котором наблюдается уплотнение исходной системы. Второй – дисперсность клинкерного компонента и минеральной добавки равны и поэтому плотность в данном случае не меняется. (см. рис.1 поз. 1г - 1к). Третий – дисперсность частиц минеральной добавки-наполнителя гораздо выше удельной поверхности частиц клинкерного компонента. В последнем случае будет происходить уплотнение системы, микропустоты будут заполняться и частицы клинкера будут обволакиваться тонкодисперсной добавкой [2]. При таком случае будут значительно улучшаться реологические свойства бетонной смеси.

Для достижения значительного сокращения расхода клинкерного компонента и формирования упорядоченной структуры необходимо обеспечить качественный выбор материалов по дисперсности и составу. Это позволит реакции гидратации протекать более однородно. Применение портландцемента с показателем дисперсности 300-350 м²/кг, а также применение тонкодисперсного доменного шлака с дисперсностью 450-500 м²/кг в количестве 20-25% от массы цемента позволит добиться оптимального уровня структуры взаимодействия рассматриваемой системы. Для второго уровня применяется зола-уноса ТЭЦ в количестве до 25% и дисперсностью 320-380 м²/кг. Поверхность частиц золы-уноса сферическая, обладает низкой водо-потребностью, тем самым улучшая текучесть бетонной смеси. Для третьего уровня может применяться микрокремнезем от 3 до 6%, с дисперсностью 18000-21000 м²/кг.

Применение тонкодисперсного доменного шлака, клинкера портландцемента и микрокремнезема в комплексе понижают объем пустот вяжущего до 13.5%. Соблюдение необходимой дисперсности минеральных модификаторов позволяет создать плотную структуру частиц вяжущего, снизить расход портландцемента до 50% и более, а замена части мелкого заполнителя золой ТЭЦ позволяет повысить прочность бетона на 9.7%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Величко Е.Г., Дыкин И.В., Еремин А.В. Многоуровнево-модифицированные цементные системы // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 111–114.
2. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. Физико-химические и методологические основы получения многокомпонентных систем оптимизированного состава // Строительные материалы. 1995. №3. С.27-30.
3. Leng F.F. Destruction of composites with dispersed particles in a brittle matrix // Composite material. Destruction and fatigue. 1978. №5.
4. Шестернин А.И., Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Основы технологии самоуплотняющихся бетонов // Молодой ученый. 2015. № 6 (86). С. 226–228.
5. Horst G., Joerg R. Self-compacting concrete – another stage in the development of the 5 – component system of concrete // Betontechnische Berichte (Concrete Technology Reports), Verein Deutscher Zementwerke. 2001. Pp. 39-48.
6. Величко Е.Г., Шумилина Ю.С., Талипов Л.Н., Многокомпонентность – основной фактор формирования структуры и свойств высокопрочных бетонов // Строительство и реконструкция. 2020. №2 (88). С.16-25.
7. Величко Е.Г., Шумилина Ю.С. К проблеме формирования дисперсного состава и свойств высокопрочного бетона // Вестник МГСУ. 2020. №2 (Том 15) С. 235-243.
8. Величко Е.Г., Костина Т.П., Дыкин И.В. Шлакосиликатный полистиролбетон – эффективный теплоизоляционный материал // Строительные материалы. 2010. №10. С.16-20.
9. Величко Е.Г., Цховребов Э.С. Экологическая безопасность строительных материалов: основные исторические этапы. // Строительные материалы, №1. 2017. С. 26-28.

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКОЙ

Современные технологии производства бетонных работ на объектах строительства позволяют минимизировать возникновение дефектов в несущих конструкциях зданий. Причинами, обуславливающими возникновение трещин бетона может быть как человеческий фактор (недоработки при проектировании, или ошибки при монтаже, а также различные технологические или эксплуатационные особенности.

Если говорить о технологии монолитного строительства нередко причиной трещинообразования в твердеющем бетоне является разбавление бетонной смеси водой уже на строительной площадке (для повышение её подвижности), а также возникновение контрационных трещин. В процессе эксплуатации любая бетонная (железобетонная) конструкция испытывает нагрузки различного типа. Причиной возникновения трещин могут быть усадка конструкции, повторяющиеся циклы замораживания и оттаивания, сверхнормативные нагрузки, коррозия, усталость материалов.

Для предотвращения трещинообразования или самовосстановления трещиноватых объемов применяют различные методы. Когда в трещину попадает вода, она насыщает оксид кальция, входящий в состав бетона. Получающийся гидроксид кальция на воздухе вступает в реакцию с углекислым газом и начинается процесс аутогенного заживления. Формируются кристаллы карбоната кальция, которые заполняют трещины. Эти кристаллы могут заполнить трещины не шире 0,3 мм. Ученые выяснили как восстановить трещины вдвое шире - добавив в бетонную смесь скрытый клей. Если добавить в смесь волокна, наполненные вяжущим веществом, при появлении трещин они разорвутся, высвобождая клейкое содержимое, которое заполнит образовавшиеся трещины. Однако клеящие вещества часто ведут себя непредсказуемо с бетоном, и со временем клей может вызвать больше трещин.

Чтобы сократить материальные затраты на ремонт и восстановление бетонных конструкций, а также предотвратить возникновение трещин в труднодоступных местах (подземное строительство, подводное строительство, мосты) голландские ученые Хенк Джонкерс и Эрик Шленген из технического университета Делфта предложили

инновационный состав бетонной смеси. Согласно их разработке в бетон, помимо вяжущего вещества, крупного и мелкого заполнителя, необходимо включить микробиологические добавки – бактерии рода *Bacillus* и лактат кальция ($\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2)_2$), который необходим бактериям как питательное вещество (см. Рис.1).

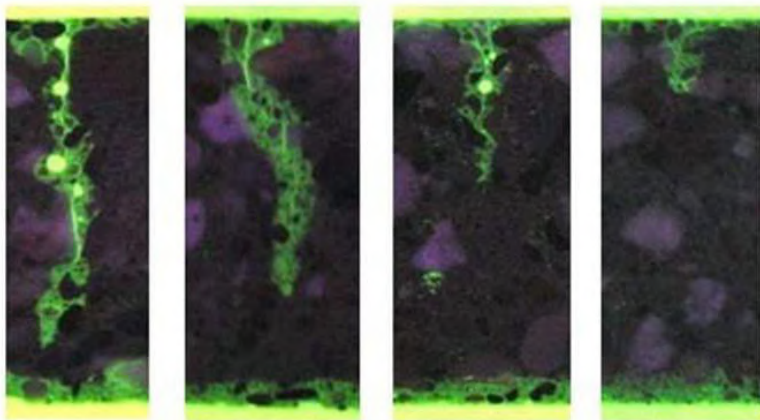
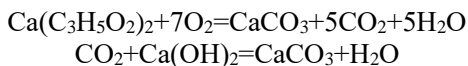


Рис. 1. Заполнение трещин на основе применения бактерии рода *Bacillus* [1]

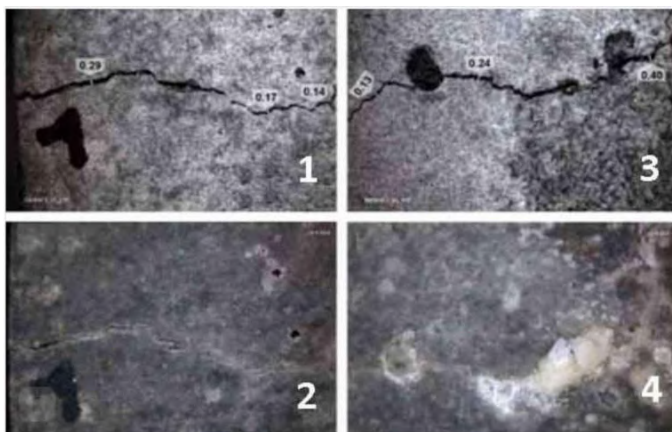


Рис. 2. Заполнение трещин на основе применения споры грибка *Trichoderma geesei*. (1,3 – состояние на момент образования трещины; 2,4 – состояние, спустя 100 дней после активации грибка) [4]

Ученые из Бингемтонского университета и университета Рутгерса в своих исследованиях так же обнаружили микробиологические добавки, которые могут вырабатывать карбонат кальция – это споры грибка *Trichoderma reesei* (см. Рис.2).

Суть метода применения микроорганизмов.

Бактерии и грибки производят карбонат кальция, который участвует в аутогенном заживлении. Экспериментальные бетонные смеси содержат бактерии или грибковые споры – окруженные питательными веществами, они могут находиться «в спячке» до двухсот лет. Когда появляются трещины, в бетон просачиваются вода и воздух, споры и бактерии активизируются, начинают поглощать питательные вещества, тем самым запуская биологически естественные процессы метаболизма. Так происходит образование карбоната кальция. Его кристаллы постепенно заполняют пустоты, и примерно через 3 недели бактерии могут полностью восстановить трещины шириной почти 1 мм. Запечатав трещины, бактерии или грибки вновь «впадают в спячку», тем самым готовясь заново начать цикл самовосстановления, при повторном появлении трещин.

Высокая стойкость к влиянию внешних неблагоприятных факторов дает огромное преимущество самовосстанавливающимся бетонам перед классическими заполнителями.

Чтобы внедрить данную технологию в массовое производство бетона, необходимо провести не только лабораторные исследования, но и практический эксперимент в реальных условиях. У спор и бактерий есть огромный потенциал сделать бетон более стойким и долговечным, что может значительно снизить финансовые и экологические затраты на производство и ремонт бетонных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самовосстанавливающийся эластичный бетон: виды, преимущества и недостатки [<https://diy.ru/samvosstanavlivayushhijsya-beton.html>].
2. *Аль Дулайми Салман Давуд Салман*. Самовосстанавливающиеся бетоны, модифицированные микробиологической добавкой// Диссертация и автореферат по ВАК РФ 05.23.05 – 2019. 310 с.
3. *Гувалков А.А.* Способы уменьшения аутогенной усадки в высокопрочных бетонах // Азербайджанский химический журнал №2201 – 2012. 5 с.
4. Самовосстанавливающийся бетон (самозалечивающийся эластичный, гибкий) [<https://1beton.info/vidy/samvosstanavlivayushhijsya-beton-samozalechivayushhijsya-elastichnyj-gibkij>].

Студенты 1 курса магистратуры 5 группы ИСА Черкасова Н.М., Каширина А.М., Баков В.И.

Научные руководители – профессор Е.Г. Величко, аспирант Альобаиди Дия Абдулкадим Насер

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ШЛАКОСИЛИКАТНЫЙ ПОЛИСТИРОЛБЕТОН. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

С начала XX века многие материалы, используемые в строительстве, изменили свои качественные характеристики в ходе научно-технического прогресса. Развитие строительных технологий предопределило появление стройматериалы с новыми свойствами, на основе нетрадиционных заполнителей. Один из подобных материалов является полистиролбетон. Этот материал в ходе исследований, его промышленной апробации и применения претерпел глобальные изменения в составе. Таким образом появился модифицированный шлакосиликатный полистеролбетон (ШСПБ). С этого момента полистиролбетон превратился в популярный материал, особенно востребованный в малоэтажном строительстве.

Модифицированный ШСПБ является инновационным материалом в строительстве. Он отвечает необходимым характеристикам и требованиям при строительстве общественных зданий и сооружений. В ходе испытаний Е.Г. Величко были достигнуты необходимые пропорции элементов состава ШСПБ. По сравнению с немодифицированными аналогами данного материала, ШСПБ обладает высокими теплоизоляционными, прочностными и пожаростойкими характеристиками. Измененная в результате множества опытов структура материала обладает так же высокими звукоизоляционными качествами.

К достоинствам относится:

1. Экономичность. Низкая закупочная стоимость.
2. Относительно низкая теплопроводность. Хорошие теплотехнические характеристики позволяют не обустривать дополнительную изоляцию стен изделиями на основе минеральной ваты или пенопластов.
3. Низкая плотность и масса (по сравнению с классическим бетоном), что обуславливает снижение нагрузки на фундамент и, следовательно, на основание конструкции (грунт). Уменьшаются расходы на транспортировку изделий и кладочные работы. Выверенные размеры изделий позволяют укладывать блоки на цементный клей с минимальной толщиной шва.

4. Хорошие звукоизоляционные качества.
5. ШСПБ хорошо поддается механической обработке, что ценно при прокладке коммуникаций.

6. Морозостойкость.

7. Модифицированный ШСПБ – группа горючести НГ. Согласно таблице 3, ФЗ №123, строительные материалы класса пожарной опасности К0, отнесенные по группе горючести к НГ (негорючие) не могут обладать свойствами пожарной опасности такими как воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность и распространение пламени. Ввиду вышесказанного строительные материалы класса пожарной опасности К0, отнесенные по группе горючести к НГ (негорючие) являются приоритетными при строительстве и эксплуатации современных жилых и общественных зданий.

Сфера применения ШСПБ достаточно широка. Одним из важнейших направлений в строительстве является развитие эффективного энергосбережения зданий. Успешным продуктом разработок последних лет стал шлакосиликатный полистиролбетон, который объединил в себе свойства конструктивного материала и утеплителя. Уникальная структура данного материала позволяет варьировать его плотностью в зависимости от требований, предъявляемых конкретной сферой использования. Сочетание свойств полистирола и бетона в одном материале дает возможность его использования, как теплоизоляционного материала, так и материала, воспринимающего нагрузку для возведения самонесущих ограждающих конструкций. ШСПБ имеет фактурную лицевую поверхность, эстетично и необычно сочетающуюся с городской средой мегаполиса.

Возросшие требования к теплофизическим характеристикам строительных изделий и конструкций требует разработки новых эффективных видов теплоизоляционных материалов с использованием нетрадиционных компонентов для их производства. Развитие строительного комплекса в современных условиях характеризуется возросшими требованиями по энергосбережению, остро обозначившими проблему его обеспечения новыми эффективными строительными материалами. В соответствии с СП 50.13330.2012, а также в соответствии с ФЗ N 241, теплофизические показатели строительных материалов играют решающую роль в обеспечении общей энергоэффективности зданий и сооружений в целом.

Процесс кладки стены, с применением ШСПБ блоков, делается клеевым составом. Благодаря тонким швам происходит уменьшение зазора между соседними блоками. Полностью исключается

возникновение «мостиков холода». Отсутствие вертикальных и горизонтальных швов, повышает термическое сопротивление стены.

ШСПБ представляет собой ячеистый вид бетона с модифицированными добавками. Одним из преимуществ данного композитного материала является высокая пожаростойкость ШСПБ. Это делает ШСПБ одним из самых востребованных современных стройматериалов. ШСПБ относится к классу горючести НГ, т.е. не воспламеняется, не поддерживает горение, не тлеет, а сублимации подлежат лишь гранулы, находящиеся на поверхности. При горении ШСПБ не выделяются токсичные и опасные вещества, а внешний вид не претерпевает изменений; не деформируется в очаге горения; не теряет цвет. Проверка на пожаростойкость ШСПБ, воспламеняемость, горючесть и дымообразование проводится для налаживания выпуска конкретных изделий в их области использования. Так, пожароопасность ШСПБ должна соответствовать по горючести ГОСТ 30244, по воспламеняемости — ГОСТ 30402, по дымообразованию — ГОСТ 12.1.044. Таким образом, ШСПБ, благодаря своей пожаростойкости, может использоваться в строительстве на объектах, к которым предъявляются высокие требования по пожарной безопасности.

Можно сделать вывод, что применение ШСПБ при строительстве является выгодным как со стороны сметных расчетов, так и в качественных характеристиках предлагаемого материала. Непосредственное его применение при строительстве общественных зданий и сооружений, в том числе в регионах со сложными климатическими условиями, существенно повлияет в меньшую сторону на сроки строительства, а также благоприятно скажется на сроке службы данных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. Физико-химические и методологические основы получения многокомпонентных систем оптимизированного состава. // Строительные материалы, № 3.-1996, с.27-30.
2. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. и др. Неавтоклавный ячеистый шлакощелочной бетон. //Строительные материалы, № 4.-1995, с. 17-19.
3. Величко Е.Г., Цховребов Э.С. Экологическая безопасность строительных материалов: основные исторические этапы. //Вестник МГСУ, № 1.-2017, с. 26-28.

СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Студент магистратуры 1 года обучения 31 группы ИСА Авдонин Н.А.
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук, проф. Е.В. Ткач*

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШПАЛ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Для стабильного роста национальной экономики России, значимую роль играет эффективная работа железнодорожного транспорта.

Согласно стратегическим целям развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года одним из ключевых направлений является реализация проектов развития скоростных и высокоскоростных перевозок на основе современных эффективных решений.

По этой причине в Российской Федерации актуальной проблемой является улучшение технических характеристик подрельсовых конструкций при различных условиях эксплуатации, как одного из элементов надежного и безопасного функционирования транспортной системы.

Железобетонные шпалы – на железных дорогах России являются самым часто используемым вариантом подрельсовых конструкций. Требования к железобетонным шпалам определяет ГОСТ 33320-2015.

Железобетонные шпалы эксплуатируются в жестких условиях. Шпалы с высоким уровнем повторяемости испытывают динамические нагрузки от подвижного состава, а также воздействия окружающей среды. Данные конструкции должны обладать высокой прочностью, трещиностойкостью и морозостойкостью. [1]

Более всего используют два типа железобетонных шпал: моноблочные и двухблочные шпалы. В первую очередь шпалы различаются своей конструкцией, а также принципом работы в пути [2].

Моноблочные шпалы, по-другому их называют цельнобрусковые, имеют вид монолитной балки, из напряженного железобетона при этом поперечное сечение может меняться по всей длине шпалы. Этот тип шпал чаще всего применяется на железных дорогах во всем мире.

Двухблочные шпалы в свою очередь представляют собой конструкцию из двух железобетонных блоков, которые соединяются между собой с помощью специального металлического элемента. Железобетонные блоки такой шпалы имеют ненапряженную арматуру.

Предпосылками для создания двухблочных шпал послужили недостатки конструкции моноблочных шпал, определенные в условиях эксплуатации.

Дело в том, что в зависимости от вида опирания на балласт определяется работа средней части цельнобрусковых шпал. Если опирание шпалы на балластное основание выполнено неправильно, то с высокой вероятностью возможно появление поперечных трещин в средней части моноблочных шпал.

Существует вариант железнодорожной шпалы с нанесенным защитным полимерным покрытием. Для изготовления покрытия используют эластичную смесь, которая состоит из полиуретана (связующее), триэтиленгликоль и измельченные отходы резинового производства.

С помощью такого покрытия возникает эффект «самоскалывания» наледи, при использовании шпал зимой, так же оно уменьшает вероятность растрескивания из-за частного перепада температур и увеличивает вибропоглощение и шумпоглощение. Полимерное покрытие наносят толщиной от 1 до 5 см [3].

Традиционно железобетонные шпалы изготавливались с применением стальной арматуры. Такая технология обладает рядом недостатков: большой расход стали, трудоемкость изготовления за счет предварительного напряжения арматуры, коррозионное повреждение стальной арматуры, что является существенным фактором снижения прочностных и эксплуатационных характеристик. Также из-за высокого модуля упругости металла вибрация распространяется по всему телу шпалы, вызывая растрескивание бетона. В связи с этим стальную арматуру заменяют на композитную. Композитная арматура лишена отмеченных выше недостатков, она обладает высокой прочностью на растяжение, низкой электропроводностью, малым весом, коррозионной и химической стойкостью.

Оптимальным является размещение арматуры на периферийных участках сечения шпалы, т.к. шпала работает на изгиб как балка. Однако расположить таким образом металлическую арматуру не представляется возможным, т.к. оголение арматуры на периферийных участках сечения вследствие трещинообразования в бетоне приводит к коррозии арматуры.

Но не всегда композитная арматура может стать равнозначной заменой стальной, поскольку имеет так же и ряд недостатков. К примеру, ее модуль упругости в 4 раза ниже, чем стальной арматуры при равных диаметрах.

Другим вариантом увеличения долговечности железобетонных шпал может служить применение комбинированного дисперсного армирования бетона базальтовыми и полипропиленовыми волокнами длиной 6-12 мм. Базальтовая фибра обладает такими характеристиками

как: коррозионная стойкость, отсутствие электропроводности, повышенная адгезия к цементному камню, малый вес [1].

Для устранения недостатков, которые имеют железобетонные шпалы, предлагается использование инновационного вида шпал – полимерных.

Например, Япония и Китай применяют таких шпалы в железнодорожном строительстве, уже с конца 20-го века, в том числе и для строительства скоростных железных дорог [4].

Преимуществами полимерных шпал по сравнению железобетонными являются: более длительный срок службы, переносят значительных изменений температуры, с сохранением первоначальных характеристик, изготавливаются из переработанного пластика, и не создают проблем с их утилизацией.

Проанализировав информацию, можно сказать, что усовершенствование конструкции и элементов железнодорожных путей не стоит на месте, для этого используют современные материалы и инновационные технологии, шпалы ВСМ не являются исключением, а, следовательно, это направление имеет несомненные перспективы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев В.Г., Шувалова Е.А., Нелогов С.К., Гацоев Г.Б. Способы повышения межремонтного срока железобетонных шпал // материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные науки сегодня»

2. Бекиш А.А. Применение железобетонных шпал на скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралях // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2018. №6. С. 16-25.

3. Патент РФ 2011101526/11 18.01.2011. Железнодорожная шпала с защитным полимерным покрытием // Патент России № RU 112907 U1 2011 / Иванов В.В., Глубокий Ю.И., Галич А.Ю., Озеров И.Е.

4. [Лычковский А.А., Еришова Д.С. Полимерные шпалы в железнодорожном строительстве // Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Н. Широков. 2019. С. 140-143](#)

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИКАТОРА НА ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ

Модификация бетонных смесей позволяет регулировать как их реологические характеристики, как расход воды затворения, так и свойства цементного камня, и, соответственно бетонных (железобетонных) изделий. В качестве модификаторов могут использоваться дисперсные минеральные компоненты (в том числе отходы производства минеральных вяжущих, или переработанный бетонный лом), полимеры (в основном отверждающиеся в результате реакции с веществами, содержащимися в клинкере), а также синтетические добавки [1–3].

Добавки представляют собой широкий спектр продуктов с различным химическим строением и свойствами. Эти вещества в небольших количествах добавляются в бетонную смесь и взаимодействуют с ее компонентами, обеспечивая желаемый эффект [4–6].

В результате дозировки водородосодержащих олигомеров в бетонную смесь происходит выделение водорода, возникающий в связи с взаимодействием олигомеров с гидроксидом кальция. В связи с этим смесь перенасыщается водородом и капельки олигомера становятся центрами образования газовых пузырьков, которые при дальнейшем газовыделении сокращаются в размере. Данный процесс влияет на повышение морозостойкости бетона. Так как у нас исследуются изделия из жесткой смеси, то применение эмульсии ГКЖ-94 в целях газовыделения и создания микропористости наиболее целесообразно. Е.В. Лавринович было выявлено, что использование традиционных микропенообразователей в жестких смесях малоэффективно. Данные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Газовыделение (воздухововлечение) в жестких бетонных смесях

Расход воды на 1 м ³ бетона, л	Воздухо(газо)вовлечение, %	
	СНВ	ГКЖ-94
180	2,4	2
140	1,6	2,4
120	0,5	2,4
100	0	3,6

В статье приведены результаты испытания добавок на основе ГКЖ-94 и микрокремнезема на свойство бетона. Бетонные образцы размером 20×20×20 мм, изготовленные из портландцемента марки ПЦ 500-Д0-Н, были испытаны на прочность и водопоглощение с использованием следующих оборудований: лабораторный миксер, форма для цементных образцов 6ФК-20, гидравлический пресс, сушильный шкаф. Сравнительные характеристики отобраны в табл. 2.

В результате пройденного научного исследования были получены следующие результаты:

Таблица 2. Сравнительные данные характеристик образцов на 28 сутки

№ состава	Плотность ρ , г/см ³	Rсж28, МПа	Wm, %	W0=П0, %	Пористость, %	Пористость (закрытая) Пз, %	Кн
Контр.	1,963	83,85	13,38	26,25	34,58	8,33	0,76
0,16/5	1,850	85,22	15,54	28,75	38,33	9,58	0,75
0,16/10	1,638	73,83	17,56	28,75	45,42	16,67	0,63
0,16/15	1,638	44,78	18,32	30,0	45,42	15,42	0,66
0,2/5	1,713	59,47	15,26	26,13	42,92	16,79	0,61
0,2/10	1,763	76,85	17,73	31,25	41,25	10,00	0,76
0,2/15	1,705	79,61	14,59	24,88	43,17	18,29	0,58
0,24/5	1,688	71,30	16,30	27,5	43,75	16,25	0,63
0,24/10	1,663	50,62	18,05	30,0	44,58	14,58	0,67
0,24/15	1,646	72,55	14,96	24,63	45,13	20,50	0,55



Рис. 1. Прочность образцов с добавками эмульсии ГКЖ-94 и суспензии микрокремнезема на 28 сутки

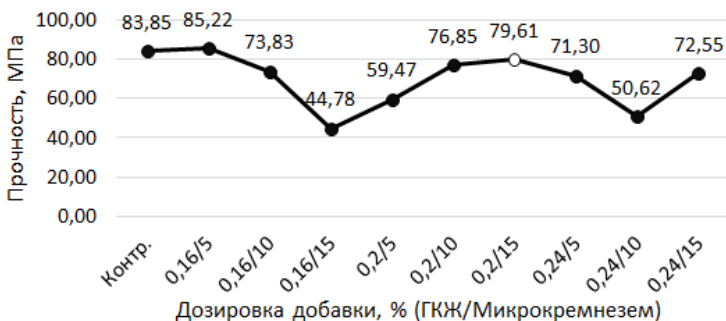


Рис.2. Зависимость закрытой пористости образца от дозировки модификатора эмульсии ГКЖ-94 и суспензии микрокремнезема на 28 суток

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что смесь модификаторов эмульсии ГКЖ-94 (0,2% от массы цемента) и суспензии микрокремнезема (15% от массы цемента) позволяет сохранить прочность на уровне с контрольным образцом, но в то же время увеличивает процент содержания закрытой пористости в бетоне, что положительно влияет на морозостойкость бетонного изделия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Pyataev 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.
2. *Pyataev Evgeni, Zhukov Alexey, Vako Kirill, Burtseva Marina, Eliza-veta Mednikova, Maria Prusakova and Elizaveta Izumova.* Effective polymer concrete on waste concrete production 02032. Published online: 29 May 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702032>.
3. *Пятаев Е.Р., Сидоркина А. А., Анишакова М.С.* Использование поликарбоксилатов и гидрофобизатора для модификации мелкозернистого бетона // Перспективы науки. 2019. № 3 (114). С. 32-35.
4. *Pyataev E. R., Ushakov A. Y.* Modeling the composition of fine-grained modified concrete elaborated with vibropressing technology // ICMTMTE 2019. MATEC Web of Conferences 298, 00133 (2019).
5. *Батраков, В.Г.* Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков // 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1998. – 86с.
6. *Sarkar S., Aitcin P.* Comparative Study of the Microstructures of Normal and Very High – Strength Concretes. - Cem., Consr., Aggr., V.9, N2, 1987, p. 57-64.

Студент магистратуры 1 года обучения 31 группы ИСА **Валюженич Д.Д.**

Студентка 2 курса 32 группы ИСА **Новолодская Д.В.**

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, **И.В. Козлова**

ПРИМЕНЕНИЕ ТОППИНГА В ОТДЕЛКЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Смесь, применяемая для укрепления наружного слоя бетона и состоящая из цемента, заполнителей, пластификаторов, а также красителей, называется топпингом. Вяжущим в топпинге является цемент, который связывает все компоненты в единый конгломерат.

Заполнители, входящие в состав топпинга, определяют его функциональные свойства (рис. 1).

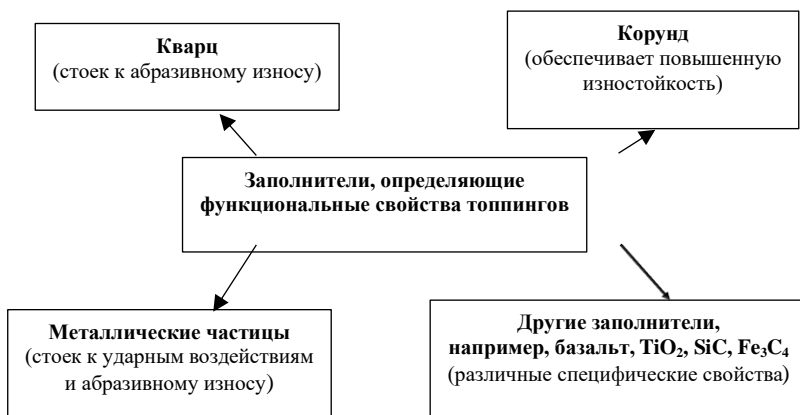


Рис.1 Заполнители, определяющие функциональные свойства топпингов

Также в топпинги вводятся различные химические компоненты, способствующие улучшению удобоукладываемости и снижающие усадку [1]. В первую очередь топпинги применяются при производстве наливных полов.

Технология бетонирования полов с применением топпингов делится на два вида: сухую и жидкую. При сухой технологии топпинги имеют вид сухой смеси либо крошки, которую рассыпают на поверхность пола с последующим утрамбовыванием и шлифовкой. При жидком способе применяют наливную смесь, содержащую большое количество воды. Такой смесью заливают пол, разравнивают ее по всей площади и оставляют до полного высыхания поверхности, затем шлифуют и затирают.

В настоящее время применяются обе технологии с применением топпингов для бетонирования полов. Однако наиболее востребован сухой способ, т.к. эксплуатационные характеристики пола более высокие (в среднем на 20–30%) по сравнению с жидкой технологией нанесения топпинга.

Применением топпингов (толщина упрочняющего слоя составляет 2–5 мм) позволяет в значительной степени модифицировать свойства бетонного покрытия: марка бетона по прочности увеличивается до М800–М1000; износостойкость возрастает до 8 раз; ударная стойкость — в 2 раза [2]; снижается пыление поверхности. Введение в топпинги красителей позволяет получить финишное покрытие полов с множеством различных цветовых оттенков.

Наибольшее применение топпинговые полы нашли на объектах с повышенными статистическими и динамическими нагрузками (рис. 2).

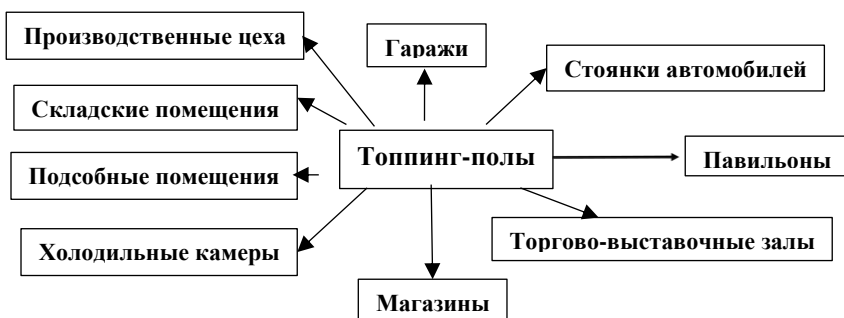


Рис.2 Применение топпинг-полов

Технологически применение топпинга для упрочнения пола включает несколько этапов. Конструкция пола включает следующие основные элементы: основание, стяжку, гидроизоляционный слой, теплоизоляционный слой (защищается также от бетона, укладываемого поверх), армированную бетонную плиту и финишное покрытие.

На завершающей стадии процесса укладки, разравнивания и уплотнения бетонной смеси для набора пластичной прочности проводится техническая пауза, которая в зависимости от температуры и влажности в помещении длится 2-7 часов.

После технической паузы бетонный пол затирают и заглаживают, уплотняя его поверхностный слой и ликвидируя мелкие поверхностные углубления и неровности. Для затирания и заглаживания бетонной поверхности применяются современные бетоноотделочные машины с диском (рис. 3).



Рис. 3 Бетоноотделочная машина с диском



Рис.4 Обработка гладкой поверхности пола специальным составом для предотвращения потери влаги

Завершающим этапом является обработка гладкой поверхности пола специальным составом (рис. 4) для предотвращения потери влаги раньше времени. Это необходимо для образования паронепроницаемой пленки на поверхности бетона.

Исходя из изложенного можно отметить следующие преимущества в применении топпинга для отделки полов, особенно производственных помещений:

- повышение износостойкости и прочности покрытия;
- защита от пылеобразования и более простой уход за бетонным покрытием;
- повышение водонепроницаемости покрытия и его общей влагостойкости;
- повышение сроков эксплуатации;
- снижение общей стоимости строительных работ без снижения качества покрытия за счет применения более низкой марки бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чередниченко Т.Ф., Тухарели В.Д., Габбасов Р.Т. Современные тенденции устройства напольных покрытий сооружений различного назначения с упрочненным верхним слоем. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 1(78). С. 47-57.

2. Зарубина Л. Устройство Полов. Материалы и технологии. <https://bookitut.ru/Ustrojstvo-polov-Materialy-i-tekhnologii.1.html> (дата обращения: 07.03.2020).

СОВРЕМЕННЫЙ ГИПСОВЫЙ МАТЕРИАЛ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ

В настоящее время гипс нашел широкое применение в строительстве, в особенности в ремонте и реставрации исторических зданий и памятников архитектуры. Для гипсовых материалов, применяемых в реставрации, предъявляется ряд требований, среди которых:

- Обеспечение высокого качества работ;
- Долговечность при эксплуатации;
- Сниженная плотность;
- Высокая прочность гипсового камня;
- Невысокая материалоемкость;
- Негорючесть;
- Белый цвет, не бледнеющий и не выгорающий со временем;
- Отсутствие негативного влияния на человека;
- Экологическая безопасность.

Следует отметить, что снижение средней плотности для гипсовой системы играет ключевую роль при реставрации потолочной лепнины, ведь в исторических зданиях, в подавляющем большинстве, балки и конструкции перекрытий выполнены из дерева, несущая способность которых со временем может значительно снизиться. Применяемые гипсовые составы характеризуются высокой средней плотностью во влажном состоянии – до 1850 кг/м³. Соответственно, можно сделать вывод, что применение стандартных гипсовых составов на ослабленных деревянных конструкциях может привести к увеличению прогибов или разрушению самих конструкций.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что ключевым требованием к современным гипсовым материалам, применяемым при реставрации, является пониженная плотность, при высокой прочности и долговечности гипсового камня.

В настоящее время, к наиболее распространенным способам снижения средней плотности гипсового состава относятся введение в смесь древесных опилок, гранул из пеностекла, полых алюмосиликатных микросфер и пенообразователей. Однако, перечисленные способы обладают рядом недостатков, среди которых наиболее значительными являются относительно малое снижение средней плотности, снижение прочности гипсового камня и потеря белизны.

Наиболее современным способом для получения состава с заданными свойствами представляется совместное использование в

гипсе полых стеклянных микросфер (ПСМС), а также поверхностно и химически активного метакаолина и пластифицирующей добавки.

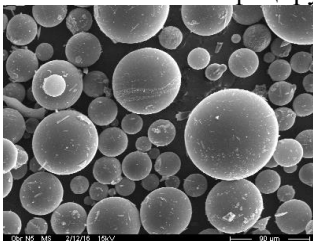


Рис. 1. Микроструктура ПСМС

Полые стеклянные микросферы имеют следующие свойства: диаметр от 3–5 до 60 мкм, толщину стенки 1–3 мкм. Насыпная плотность микросфер составляет 100–150 кг/м³, прочность 5–25 МПа. Химический состав ПСМС представлен в таблице 1.

ПСМС имеют белый цвет, высокую прочность на сжатие, они устойчивы к воздействию кислот, не влияют на эстетические характеристики цементного камня, в совокупности это дает нам понять, что полые стеклянные микросферы в качестве наполнителя для гипсовых систем являются одним из лучших вариантов.

Таблица 1

Химический состав полых стеклянных микросфер

Оксиды	Количество, мас. %	Оксиды	Количество, мас. %
SiO ₂	60–85	CaO	–
Al ₂ O ₃	4–10	Na ₂ O	8–20
Fe ₂ O ₃	–	MnO ₂	0–10
MgO	0–15	B ₂ O ₃	2–10
SO ₂ /SO ₃	0–5	P ₂ O ₅	0–4

В результате ранее проводимых исследований было установлено, что введение в систему метакаолина и пластификатора существенно улучшает и уплотняет структуру гипсового камня за счет снижения количества воды затворения. Это приводит к снижению водогипсового соотношения на 15–20%, что способствует повышению прочности гипсового камня при сжатии на 15%, а при изгибе на 20–25%.

При введении в гипсовую систему ПСМС в количестве 30% от массы гипса средняя плотность снижается на 49% в влажном состоянии, и на 60% в сухом состоянии.

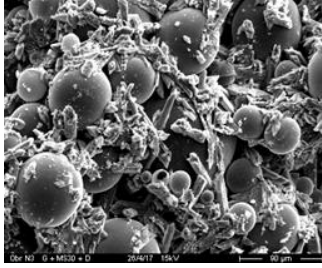


Рис.2. Микроструктура гипсового камня при введении метакаолина, пластификатора и ПСМС

При совместном введении в систему метакаолина, пластификатора и полых стеклянных микросфер в количестве 30% от массы гипса, водогипсовое отношение (В/Г) снизилось на 20%. В изделиях средняя плотность уменьшилась на 10 %, прочность гипсового камня при сжатии возросла более чем в 3 раза, а при изгибе, более чем в 2 раза.

Исследованиями доказано, что совместное введение в гипсовую систему метакаолина, пластификатора и полых стеклянных микросфер является наиболее перспективным способом получения гипсового материала со сниженной плотностью, повышенной прочностью и с хорошими эстетическими качествами. Все компоненты, необходимые для модификации гипсового материала в настоящее время производятся на отечественных предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. М.: Стройиздат. – 1974. - 328 с.
2. Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31377-2008. – 15 с. Введен в действие Приказом №1276-ст от 15.12.2009 в качестве национального стандарта РФ с 01.07.2010 / Ю.Г. Мещеряков, Ю.Л. Панибратов, С.В. Федоров, Ю.М. Тихонов.
3. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях// Строительные материалы. – 2010. - № 12. - С. 61-64.
4. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Керене Я., Фишер Х.Б., Рахимова Н.Р., Бурьянов А.Ф. Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // Строительные материалы. - 2016. - № 1-2. - С. 90-95.
5. Пашкевич А.А., Орешкин Д.В. Сухие смеси с полыми стеклянными микросферами для получения штукатурных растворов // Сухие строительные смеси. - 2007. - № 2. – С. 21-23.

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Биоразлагаемый полимер – вид полимера, способный полностью разлагаться под воздействием бактерий в определенных условиях на элементарные соединения: метан, воду, углекислый газ, биомассу и различные неорганические частицы. Полимеры с регулируемым сроком эксплуатации способны самопроизвольно разрушаться в результате естественных микробиологических и химических процессов.

Существуют следующие основные направления синтеза биоразлагаемых полимеров:

1. Производство биоразлагаемых полиэфиров на основе гидроксикарбоновых кислот.
2. Смешение и модификация пластиков для придания им свойств биоразлагаемости.
3. Производство новых пластиков из воспроизводимых природных материалов.

Данные технологии стремительно развиваются в США и Европе, в России также ведутся научные разработки по получению биоразлагаемых полимеров.

Различают следующие способы производства биоразлагаемых полимеров:

1. Механическая и химическая обработка природных полимеров.
2. Синтез полимеров из мономеров, получаемых в результате биопревращений возобновляемых источников сырья.
3. Биотехнологический способ получения из возобновляемых сырьевых источников.
4. Получение биоразлагаемых полимеров при переработке нефти и природного газа.

Основными преимуществами биоразлагаемых полимеров являются:

1. Полное разложение в течение небольшого отрезка времени: от нескольких месяцев до нескольких лет.
2. Экологическая безопасность продуктов разложения.
3. Продукты, полученные в результате разложения, могут быть использованы в качестве удобрения.
4. Безопасное применение для человека в процессе их эксплуатации.

5. Низкая пропускаемость кислорода и водяного пара, гарантирующая сохранность продукта в данной упаковке.

6. Условная устойчивость материала к разложению в нормальных условиях.

7. Экономичность по отношению к невозобновляемым ресурсам.

Биоразлагаемые полимеры пока практически не используются в строительстве ввиду существенных недостатков:

1. Высокая стоимость производства и утилизации.

2. Низкая химическая стойкость, механическая прочность и износостойкость, не гарантирующие целостность упаковки при транспортировке.

Биоразлагаемые пластики можно разделить на три основные группы: полимеры на основе крахмала, полиэферы (ПГА) - полигидроксикарбоанаты и алифатические полиэферы полилактиды.

Получение термопластичного крахмала осуществляется путем разрушения кристаллической структуры крахмала при добавлении пластификаторов (этиленгликоль, глицерин) и деструктурирующих агентов (например, оксид натрия, мочевины) при температурах, превышающих температуры стеклования и плавления. Полученный термопласт служит основой для получения других материалов.

Полигидроксикарбоанаты (ПГА) – полиэферы, получаемые переработкой сахаров растительного происхождения специфическими микроорганизмами на основе ациклических гидроксикарбоновых кислот. Недостатками этих продуктов являются термическая нестабильность и высокая стоимость.

Полилактид - алифатический полиэфир, получаемый поликонденсацией молочной кислоты или полимеризацией лактида.

Еще одним способом получения биоразлагаемых пластиков является внедрение оксобиоразлагаемых добавок. Для работы их катализатора необходим кислород, а также, в них добавляют никель, марганец, железо и кобальт.

Из-за сложности производства, а также высокой стоимости в строительстве биоразлагаемые материалы используются редко. В основном это различные штучные изделия, такие как фурнитура, деревянные и оконные проемы. Из биопластиков также делают напольное покрытие, элементы заборов и поручни.

На данный момент биопластики составляют около 1 % от 335 миллионов тонн пластиков, которые производятся ежегодно.

По последним данным ведущих организаций в области исследования биополимеров, таких как Европейский институт биопластиков и НИИ Германии, масштабные производственные мощности по выпуску

биопластиков увеличатся приблизительно до 2,62 миллионов тонн к 2023 году.

В настоящее время идет разработка нового полимера, появление которого ожидается к 2023 году. Предполагается, что он будет иметь уникальные барьерные и термические свойства, что позволит использовать его не только как упаковочный материал для пищевых продуктов, но и применять для производства строительных материалов. В то же время планируется масштабный выход на рынок биополипропилена, который можно будет использовать во многих областях, в том числе и в строительстве.

Европа лидирует по объему исследований и количеству разработок биоразлагаемых полимеров. Именно она выпускает пятую часть мирового объема этих материалов. Еще одним крупным производителем является Азия, на ее долю приходится 55 % биопластиков. Северная и Южная Америка в свою очередь производят 16 % и 9 %, и всего 1 % - Австралия.

Однако отметим, что применение биоразлагаемых материалов не сможет полностью устранить масштабные проблемы загрязнения окружающей среды продуктами из полимеров. Именно поэтому, создание и применение биопластиков должны держаться под строгим контролем. В современном мире самым рациональным методом утилизации использованных материалов является их вторичная переработка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дасковский, М.И., Дориомелов М.С, Севастьянов Д.В., Скрипачев С.Ю. Полимерные биокомпозиты – перспективы применения (обзор) / «Авиационные материалы и технологии». Всероссийский НИИ авиационных материалов. 2017 №3 (48). С. 74-80
2. Каддо М.Б., Шестаков Н.И., Волошин Д.А., Урмайкин Е.А. Перспективы применения полилактида в строительстве / «Civil engineering and architecture». 2020 №3. С. 50-52
3. Литвяк В.В., Перспективы производства современных упаковочных материалов с применением биоразлагаемых полимерных композиций. / Журнал белорусского государственного университета. Экология. 2019 №2. С. 84-94
4. Зубова О.А., Сакаева Э.Х. Биоразлагаемые полимеры и перспектива их применения. / Химия и инженерная экология - XVIII. Сборник трудов международной научной конференции. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ). 2018. С. 42-45.

ХИМИЧЕСКИЕ МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ БЕТОНА ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Бетон и изделия на его основе является наиболее используемым материалом в современном строительстве. Опыт ведения работ, накопленный за последние двести лет показывает его применимость во всех областях от фундаментов до сооружений высокой ответственности. Современные бетоны — это материалы, свойства которых коррелируются с областью их применения за счет введения различных модификаторов, в том числе и добавок [1, 2].



Рис. 1. Классификация добавок по ГОСТ 24111-008

Динамичное развитие строительной отрасли стимулирует появление на рынке все более современных добавок для бетона. Они представляют собой широкий спектр продуктов с различным химическим строением и свойствами. Эти вещества в небольших количествах добавляются в бетонную смесь и взаимодействуют с ее компонентами, обеспечивая желаемый эффект. В результате модифицированный бетон обладает улучшенными характеристиками, что приводит к более широким конструктивным и архитектурным возможностям.

Рассмотрим некоторые из основных характеристик химических добавок для бетона [3, 4], их назначение и классификацию (рис. 1 и 2).

Типы	Сокращение	Цвет
Пластификатор	BV	желтый
Суперпластификатор	FM	серый
Замедлитель с пластиф.	FM	серый
Замедлитель	VZ	красный
Уплотняющая	DM	коричневый
Воздухововлекающая	LP	голубой
Ускоритель твердения	BE	зеленый
Ускоритель схватывания	BE	зеленый
Стабилизатор	ST	фиолетовый
Расширяющая	EH	белый

Рис.2. Классификация добавок по BS EN 934-2:2009+A1:2012

Из представленных российской и зарубежной классификаций можно сделать вывод, что мировая строительная отрасль в последние годы осуществляет развитие под эгидой постоянно растущих требований к рациональному и эффективному использованию энергетических ресурсов. Это влияет на развитие всех ветвей индустрии строительных материалов и, самое главное, на производство бетонных и железобетонных конструкций. Для бетонных смесей, бетона и железобетона достижение данных требований возможно исключительно с помощью химических добавок.

Основными факторами, определяющими выбор химии для бетона, являются экономический аспект, т. е. стоимость модификаций с использованием добавки, и технологический аспект, т. е. оценка простоты применения и влияния добавки на условия процесса. Множество факторов, влияющих на эффективность добавок, вызывает много путаницы. Поэтому важно сосредоточиться на наиболее важных факторах, таких как:

1. Свойства и химический состав добавки;
2. Требуемая величина внесения добавки и момент её добавления в бетонную смесь;
3. Совместимость цемента с добавкой;
4. Наличие сырья для производства добавки;
5. Стоимость добавки.

Таким образом, химические модификаторы для бетона в настоящее время являются самой быстрорастущей группой продуктов в строительной химии. Благодаря исследованиям и разработкам этих веществ бетон становится современным многофункциональным материалом. Его модифицированные свойства позволяют реализовать множество интересных проектов строительных конструкций, которые до сих пор оставались только в воображении архитекторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Pyataev 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.
2. *Pyataev Evgeni, Zhukov Alexey, Vako Kirill, Burtseva Marina, Elizaveta Mednikova, Maria Prusakova and Elizaveta Izumova.* Effective polymer concrete on waste concrete production 02032. Published online: 29 May 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702032>.
3. *ГОСТ 24211-2008.* Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия (с Изменением N 1) (с Поправкой).
4. *Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К.* Добавки в бетоны и растворы. – К.: Будивельник, 1989. – 128с.: ил.
5. *Руководство по применению химических добавок в бетоне.* М.: Стройиздат, 1985. – 64 с.
6. *BS EN 934-2:2009+A1:2012.* Admixtures for concrete, mortar and grout Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling.

ПОЛИЭТИЛЕН КАК ВТОРСЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технологичность пластмасс и их совокупность положительных свойств позволили использовать этот материал в различных отраслях промышленности и жизнедеятельности человека.

Производимая пластиковая продукция является изделиями разового потребления, которые практически не разрушаются естественным образом в окружающей среде.

Решение глобальной экологической проблемы по утилизации скопившихся пластиковых отходов достижимо за счет использования их в качестве вторичного сырья для производства строительных материалов, в том числе применяемых для дорожного строительства.

В целях получения композиционного материала (состоящего в т. ч. из пластиковых отходов) с повышенными физико-механическими характеристиками, применимого для устройства дорожных покрытий, были проведены лабораторные исследования:

- исследование влияния вида полиэтиленовых отходов на прочность;
- исследование характеристик битума, модифицированного отходами полиэтилена.

Изготовление образцов осуществлялось после расплавления гранул ПВД и ПНД в муфельной печи при температуре 350 °С. Смеси из расплава ПВД и ПНД приготавливались с помощью верхнеприводного смесителя.

Определение прочности на сжатие производилось в соответствии с методикой ГОСТ 12801-98. Определение температуры размягчения, глубины проникания иглы и растяжимости осуществлялось в соответствии с методиками ГОСТ 33142-2014, ГОСТ 33136-2014 и ГОСТ 33138-2014, соответственно.

Свойства композиционного материала, применимого для устройства дорожных покрытий определяется свойствами исходных компонентов и структурой, которая формируется при их взаимодействии друг с другом.

Средняя плотность и предел прочности при сжатии образцов полиэтилена различным содержанием ПВД и ПНД представлены в таблице 1.

Средняя плотность двух видов полиэтиленов отличается незначительно. Предел прочности при сжатии ПВД на 35 % больше, чем прочность ПНД, что обуславливается различием структуры полиэтиленов. Оптимальным составом с максимальной плотностью и

пределом прочности при сжатии является смесь, содержащая 28...29 % ПНД и 71...72 % ПВД.

Таблица 1.

Свойства составов с различным содержанием ПВД и ПНД

Наименование	Содержание компонентов, %		Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа
	ПНД	ПВД		
Состав 1	–	100	1,01	12,4
Состав 2	30	70	0,78	13,4
Состав 3	50	50	0,79	11,8
Состав 4	70	30	0,87	12,2
Состав 5	100	–	0,89	8,9

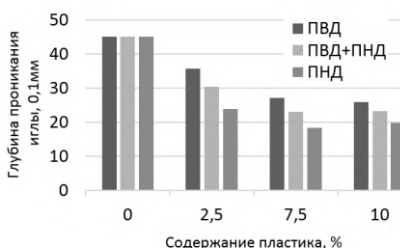


Рис. 1 – Зависимость изменения глубины проникания иглы при 20 °С битума при добавлении пластика

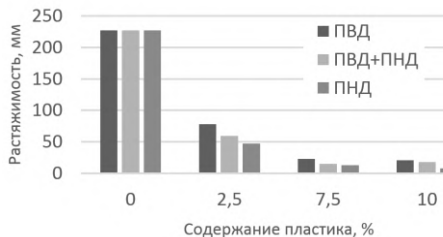


Рис. 2 – Зависимость изменения растяжимости при 20 °С битума при добавлении пластика

Использование ПВД, ПНД и их смеси в качестве добавки для битума, применяемого для производства дорожных материалов, может позволить управлять физико-механическими и эксплуатационными свойствами композитов. Влияние содержания ПВД, ПНД и их смеси в равных долях на свойства битума оценивалось при концентрации 2,5 %; 7,5 % и 10 %. Результаты определения влияния пластика на свойства битума представлены на рисунках 1...3.

Увеличение содержания ПВД, ПНД и их смеси в равных долях в битуме приводит к закономерному снижению показателя глубины проникания иглы при температуре 20 °С на 43 %, 56 % и 49 %, соответственно, и показателя растяжимости при температуре 20 °С на 92 %, 98 % и 93 %, соответственно, что свидетельствует о значительном изменении структуры вяжущего.

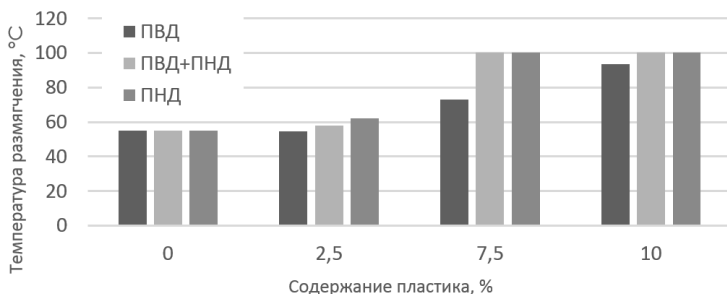


Рис. 3 – Зависимость изменения температуры размягчения битума при добавлении пластика

При увеличении содержания ПВД, ПНД и их смеси в равных долях наблюдается закономерное увеличение температуры размягчения битума, что обуславливается большей теплостойкостью пластиков. Добавление ПНД 10 % от массы битума способствует увеличению температуры размягчения по КиШ на 70 %. Добавление ПВД, а также смеси ПВД и ПНД в равных долях, содержанием 7,5 % от массы битума и более приводит к увеличению температуры размягчения до значений превышающих 100 °С.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что отходы полиэтилена являются перспективным материалом, который, после специальной обработки применим для модифицирования асфальтобетонов, что обусловлено химическим родством пластиков и битума, которое может способствовать улучшению физико-механических и эксплуатационных свойств в условиях повышенных температур. Для установления особенностей низкотемпературных свойств композитов с использованием отходов пластиков необходимо проведение дополнительных исследований.

Использование пластика в составе асфальтобетона не приводит к значительным изменениям технологической схемы его производства, что позволит решить проблему утилизации пластиковых отходов и повысить эксплуатационные показатели асфальтобетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М.С. Иблужева, Л.Л. Сатуева. «Загрязнение вод мирового океана пластиковыми отходами» в сборнике: «Всероссийская научно-практическая конференция студентов. Молодых ученых и аспирантов «Наука и молодежь», 2018 с. 274-276.
2. Медведев В.С., Токарев А.С., Панин П.А. Дорожное покрытие из пластика // Проблемы науки. Мытищи. 2019. С. 6-8.

ПРОЗРАЧНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Современная строительная индустрия постоянно развивается. Возникают новые технологии и материалы. Бетон-наиболее востребованный и широко используемый материал, бетонные основания долговечны из-за высокой плотности и прочности. Дерево – экологичный, качественный и долговечный материал. Но по внешнему виду они порой уступают текущему высокотехнологичному сырью для постройки домов. Для повышения эстетических показателей разрабатываются новые прозрачные инновационные материалы.

В 2001 году венгерский архитектор Арон решил исправить невзрачность бетонных поверхностей за счет изменения внутренней структуры бетона. В результате появился новый технологичный строительный материал – Litracon расшифровывается как светопроводящий бетон. В настоящее прозрачный бетон имеет много названий в зависимости от производителя: Lucem (Германия), Lumicon (Россия).

Состав светопроводящего бетона включает: портландцемент; чистый мелкий песок; специализированные добавки, которые улучшают формуемость малоподвижного раствора; фиброоптические волокна (диаметр нитей 0,5–2,5 мм), которые выполняют роль светопропускающего наполнителя.

Если содержание светопропускающего наполнителя в общем растворе не превышает 5% — материал не теряет своих функциональных особенностей, но при этом становится прозрачным. Поэтому по эксплуатационным характеристикам его приравнивают к бетону, но внешне выглядит не как бетон, а скорее, как гранит или искусственно состаренный мрамор [1–3].

Подготовленный раствор укладывают тонким слоем, примерно в 1 см, в опалубку сверху размещают стекловолокна, слегка вдавливая их в раствор. Следующий слой заливается в той же последовательности, но только после того, как выложенный слой раствора хорошо «схватится». Как только вся форма будет заполнена, смесь оставляют до полного застывания примерно на 3 суток. Окончательный этап — шлифование поверхностей при помощи алмазных дисков для удаления всех шероховатостей и придания эстетичного вида.

Сфера использования светопроводящего бетона: в качестве основного материала несущих стен; для внутренней и внешней

облицовки поверхностей здания, в том числе пола; для устройства зональных ограждений и перегородок. Из этого материала изготавливают малые архитектурные формы: скамейки, фонтаны, плафоны для уличных фонарей.

Не менее интересен и следующий материал. Прозрачное дерево – уникальный материал, что сохраняет тепло и пропускает свет [4].

Практически одновременно ученые-химики из Америки и Швеции изобрели метод получения прозрачной древесины путем двухступенчатого химического процесса. Первой ступенью была обработка дерева при высокой температуре и замачивание в растворе с гидроксидом натрия для вывода лигнина из материала. Лигнин – сложный ароматический полимер природного происхождения. В древесине содержится до 38 % этого вещества. Затем полученный материал покрывали эпоксидной смолой для придания еще большей прочности. В результате получился образец, который обладал изоляцией и высокой прочностью. Однако этот процесс удаления лигнина снижает механическую прочность древесины. Наконец, жидкие отходы, которые образуются, трудно перерабатывать.



Рис.1. Внешний вид прозрачного бетона

Так же применяется способ, в которой сохранилось содержание лигнина, и вместо этого удалили хромофор лигнина с использованием щелочного раствора H_2O_2 (перекись водорода). Перекись используется как окислитель и в качестве побочного продукта образуется только вода, что значительно снижает образование жидких отходов.

Был опробован новый способ изготовления прозрачной древесины, который включает химическую чистку щеткой, а не погружение, в сочетании с солнечным освещением для удаления хромофора лигнина.

Древесина бальзового дерева легла в основу для тестирования нового метода. Вначале модифицируется структура лигнина с помощью H_2O_2 по всей поверхности древесины с последующим облучением ультрафиолетовым светом для удаления светопоглощающих

хромофоров лигнина. Затем образцы покрывались эпоксидной смолой. Кроме того, на прозрачную древесину легко наносится рисунок с использованием химической чистки.



Рис.3. Получение прозрачной древесины

Прозрачная древесина с превосходной оптической прозрачностью может быть изготовлена из разных пород древесины с разной плотностью, таких как дуб и тополь, что свидетельствует об универсальности этого подхода

Последующие исследования показали, что образцы дерева длиной 1 м могут быть быстро обесцвечены за 1 час с помощью ультрафиолетового излучения и вместо искусственного ультрафиолета можно применять естественный солнечный свет.

Прозрачная древесина обладает превосходными оптическими свойствами и высокой механической прочностью, что позволяет использовать ее в зданиях, объекта интерьера и устройствах освещения.

Исследование и получение новых строительных материалов иногда вызывает сложности с проведением экспериментов и получением опытных партий. Но настойчивость и стремление к познанию чего-то нового может приводить к востребованности во всем мире, в том числе и новых строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богатова Т.В., Антонов И.А. Светопроницаемый бетон: история открытия нового материала, обзор основных свойств и областей применения. Научный вестник ВГАСУ. Мат. межрегион. науч.-практ. конф. "Высокие технологии в экологии". 2012. № 1. С.104-107.

2. Бикбаева Н.А., Лустина О.В., Купечков А.М. Прозрачный бетон. Молодой ученый. 2016. № 17 (121). С. 19-21.

3. Федорова Ю.Е., Лысенко А.А. Дизайн светопропускающих композиционных материалов. Дизайн. Материалы. Технология. 2015. № 5 (40). С. 90-93.

4. Qinqin Xia, Chaoji Chen, Tian Li, Shuaiming He, Jinlong Gao, Xizheng Wang, Liangbing Hu. Solar-assisted fabrication of large-scale, patternable transparent wood. *Science Advances* Vol. 7, no. 5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Актуальная проблема современного мира – загрязнение окружающей среды продуктами жизнедеятельности человека. Появившиеся в последние десятилетия новые виды полимеров стали неотъемлемой частью производства на огромном количестве предприятий, и, как следствие, доминирующим отходом. Производство строительных материалов из вторичных пластиков стало отличным решением этой проблемы, так как это позволило задействовать огромный объем отходов и получить новые виды материалов. Цель нашей работы – отразить технологическую сторону этого решения и предложить применение данной технологии в Москве.

С конца прошлого века проблема появляющихся отходов решалась в России через свалки, утилизируется всего 6 %. Одной из причин такого обращения с отходами является низкий спрос на вторичную продукцию. Так как строительные материалы из вторичных полимеров практически не уступают по характеристикам первичным полимерам, а производство их экономичнее, спрос на такие материалы позволит уменьшить количество свалок.

Много тоннажные полимерные отходы образуются за счет использованных упаковочных материалов, демонтированных тепло- и звукоизоляционных материалов, отделочных материалы для стен и потолков на основе полимерной пленки, полимерных материалов для полов, в основном линолеума, труб и кабелей при их замене, погонажных и профильных изделий.

Для вторичной переработки полимерного сырья, прежде всего, необходимо решить вопрос выделения его из общего объема отходов. Применяют, например, ультразвуковые и рентгеновские методы, методы инфракрасной (сравнение спектров основных полимеров) и лазернопиролизной спектроскопии.

После идентификации полимеров происходит разделение по видам. Для этого применяют различные химические методы, методы разделения в жидких средах и методы глубокого охлаждения. Наиболее часто применяется метод флотации, позволяющий разделять смеси выпускаемых промышленностью полимеров, таких как ПЭ, ПП, ПС и ПВХ.

Вторичное сырье проходит несколько стадий: мойка, сушка, измельчение, отделение различных включений (в частности, металлических).

При переработке таких изделий, как кабели и провода, необходимое отделение полимерной оплетки от металлического сердечника производится, как правило, пневматическим способом. Использование метода разделения металлов по магнитным свойствам позволяет извлечь ценные металлы, например, медь.

Отделение металлов из раздробленной полимерной массы происходит на магнитном сепараторе.

Частицы различных диаметров очищаются от дерева и стекла в сепарационном металлическом барабане. В конце выделенные полимеры собираются вместе со всех линий обработки. Полученные мелкие частицы промывают, отжимают и высушивают, нарезают на гранулы, разделяют на частицы разного размера и упаковывают.

Для облегчения дальнейшей переработки на стандартном технологическом оборудовании для переработки пластмасс, для уплотнения и усреднения технических характеристик смеси применяется гранулирование. При подготовке смеси к переработке для фракций разного размера обязательно производится разделение белых и окрашенных цветных частиц.

При использовании таких процессов, как измельчение и воздушная сепарация, необходимо принимать меры по защите от загрязнения воздуха в производственных помещениях, что достигается за счет специальной системы извлечения пыли и мелких бумажных частиц, оседающих в ловушках микрофильтров.

Как правило, вторичное сырье не используется в чистом виде, а добавляется в сырьевую массу в количестве 20-30%. Для придания изделиям заданных эксплуатационных свойств необходимы наполнители и специальные добавки, например, стабилизаторы, пластификаторы и т.п.

Из подготовленного гранулированного сырья можно производить любые изделия, в том числе и для строительного производства: трубы различного назначения, например для дренажа или мелиорационных работ, облицовочные изделия, поддоны для строительных материалов.

Широкое использование полиэтиленовых изделий приводит, соответственно, к накоплению значительного количества полиэтиленовых отходов. Поэтому использование полиэтилена вторично позволяет заменить примерно 40 % первичного полимера, который, в свою очередь, может быть использован для таких изделий специального назначения (например, напорные трубы), которые невозможно получить на основе вторичного полиэтилена. Кроме

полиэтилена для переработки часто используют отходы полипропилена, высокая жесткость которого позволяет применять его для специальных конструкций.

В Москве активно реализуется программа реноваций: старые здания заменяют новыми. При сносе старых зданий появляется огромное количество полимерных отходов, из которых можно произвести качественные строительные материалы, такие как трубы, кабели, изоляцию. Если строительные предприятия начнут хотя бы частично применять переработанные пластмассы, то будут появляться предприятия, специализирующиеся на производстве строительных полимерных материалов из отходов.

Правительство Москвы постоянно благоустраивает территорию города, создавая всё больше общественных пространств: дворы, парки, скверы, набережные. Из вторичных полимеров можно создавать различные арт-объекты и скульптуры, элементы детских площадок, напольные покрытия, навесы. Создание таких объектов позволит привлечь внимание населения к проблеме экологии и сделать очередной шаг на пути к её решению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пахаренко В.А., Пахаренко В.В., Яковлева Р.А. Утилизация полимерных материалов, используемых в строительстве / «Пластмассы в строительстве» 2011 <https://plastinfo.ru/information/articles/333/>
2. Н. Рудольф, Р. Кизель, Ш. Аумнате «Рециклинг пластмасс. Экономика, экология и технологии переработки пластмассовых отходов» / издательство ЦОП «Профессия», 2019
3. Информация сайта <https://e-plastic.ru/specialistam/vtorichnaya-pererabotka/utilizaciya-polimernykh-materialov-ispolzuemykh-v-stroitelstve/>
4. <https://e-plastic.ru/specialistam/polimernie-materiali/polimery-obshie-svedeniya/>
5. <https://lensgo.ru/about/articles/polimery/>
6. <http://www.chem.msu.ru/rus/books/2019/zezin-orgchem/welcome.html>

*Студент магистратуры 2 года обучения 31 группы ИСА Нелогов С.К.
Студент 1 курса 32 группы ИСА Плотников И.А.
Научный руководитель доц., канд. техн. наук, И.В. Козлова*

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЛИТА В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Перлиты относятся к стеклам вулканического происхождения. Образование перлитов происходит за счет выброса из толщи Земли силикатно-кислой лавы. В зависимости от скорости остывания и химического состава лавы образуются различные разновидности вулканических стекол, которые под действием термальных вод подвергаются процессу гидратации, приводящей к формированию перлитовой структуры.

В табл. 1 приведен химический состав перлитовой породы, из которого следует, что в ней преобладает SiO_2 (<70%) и Al_2O_3 (почти 15%)

Таблица 1

Химический состав перлитовой породы

Химический состав, %									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2	K_2O	Na_2O	H_2O
70,4	14,8	0,7	0,3	0,7	0,3	0,1	3,7	3,6	5,4

Одним из вариантов использования перлита в производстве строительных материалов является введение его в состав цементной матрицы в виде тонкодисперсного компонента.

Технологическая схема получения тонкодисперсного перлита представлена на рис.1. Щебень природного перлита с размером кусков 10-80 мм предварительно дробился в щековой дробилке, полученный перлитовый песок (преобладающий размер 0,1-0,25 мм) подвергался сначала тонкому помолу в шаровой мельнице (преобладающий размер 25-50 мкм), затем сверхтонкому помолу в планетарной [1] или струйной мельнице [2,3]. Преобладающий размер при сверхтонком измельчении составляет 1-3 мкм.

Тонкодисперсный перлит относится к добавкам-уплотнителям, которые позволяют получить плотные и прочные структуры за счет заполнения пустот между частицами цемента, что подтверждается прочностными характеристиками образцов и пористостью цементного камня (рис.2). Из рис.2. следует, что наибольший прирост прочности зафиксирован у составов, содержащих 3 мас. % тонкодисперсного перлита: ранняя прочность в сравнении с контрольным образцом

возросла на 62 %; марочная - на 37 %. Пористость снизилась в марочном возрасте на 19%.

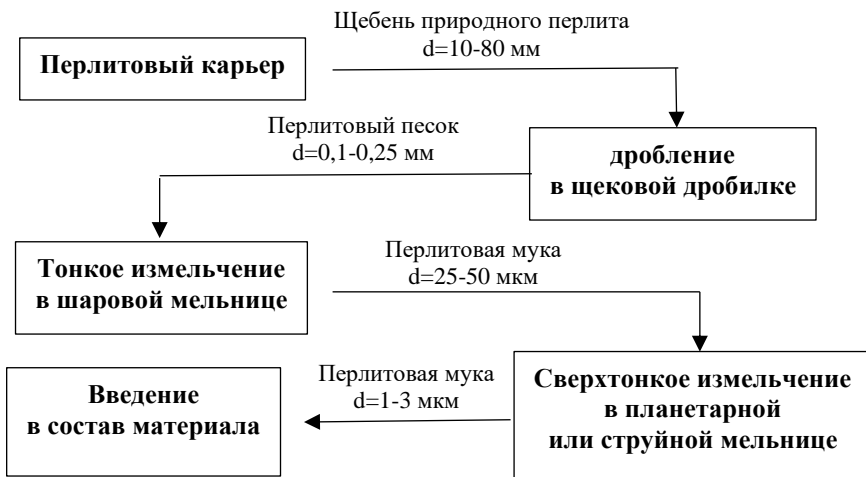


Рис. 1. Технологическая схема получения тонкодисперсного перлита

Вспученный перлитовый песок или щебень получают в результате термической обработки при температуре 900–1000 °С дробленной или молотой перлитовой породы. Эти материалы обладают хорошими теплоизоляционными и огнезащитными свойствами, но очень высоким водопоглощением, обусловленным открытой пористой структурой зерен.

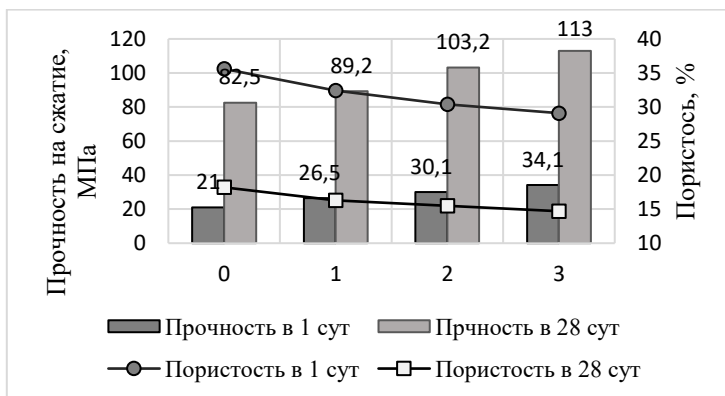


Рис. 2 Зависимость прочности и пористости образцов в начальном и марочном возрасте от количества введенного тонкодисперсного перлита, %

В зависимости от вида связующего изделия из вспученного перлитового песка подразделяются на безобжиговые и обжиговые. К безобжиговым относят битумоперлит, перлитцемент, силикатоперлит, стеклоперлит, гипсоперлит, перлитпластбетоны. К обжиговым — керамоперлит, керамоперлитофосфат, термоперлит и др. [4].

Вспученный перлит в качестве заполнителя (и песок и щебень) применяется при создании легких бетонов, например, шлакоперлитобетона. Такой материал обладает повышенными теплоизоляционными свойствами и обеспечивает сейсмостойкость зданий на основе облегченных конструкций [5].

Также вспученный перлит является основой для изготовления строительных растворов, которые получаются прочными, легкими, и теплыми. Кладка из кирпича, пенобетонных блоков и шлакоблоков после высыхания не имеет мостиков холода, что позволяет утеплить объект строительства. Также строительные растворы на основе вспученного перлита применяются для заделки швов, стыков, неровностей. Исследования подтвердили, что перлит является уникальной добавкой для производства эффективных строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 84-87.
2. Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В. Влияние дисперсности шлакового компонента на свойства шлакопортландцемента // Техника и технология силикатов. 2016. Т. 23. № 2. С. 19-23.
3. Козлова И.В. Структурные модели и механизм влияния стабилизированных суспензий нано- и ультрадисперсных добавок на свойства цементных композиций // автореферат дис. ... кандидата технических наук / Моск. гос. строит. ун-т. Москва, 2017. 22 с.
4. Тотурбиев А.Б., Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д., отурбиева У.Д. Перлитовый теплоизоляционный материал на нанодисперсном полисиликатнатриевом вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №3. С.20-24.
5. Пульга С.А., Куликова Е.С., Ткаченко А.З. Пористые заполнители для легких бетонов // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2018. Т.3. С. 441-444.

УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ТРУДНЫХ УЧАСТКАХ И В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Рассмотрим задачу укрепления склона трещиноватого скального грунта в связи с необходимостью проложить на нем дорогу. Такая ситуация может возникнуть, например, в местах добычи руды, камня. В случае, когда груз перевозится колесной техникой по асфальтированным дорогам общего пользования, для предупреждения обрушения склона необходимо его укрепление (повышение его прочностных характеристик). В этой статье будут рассматриваться два способа решения данной задачи.

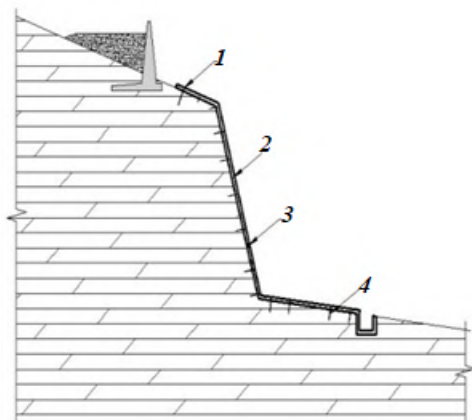


Рис. 1 Пример постановки задачи с использованием подпорной стенки для укрепления насыпи: 1 – несущий анкер; слой покрытия по металлической сетке; 3 – отверстие для выпуска воды; 4 – монтажные анкеры

В первую очередь необходимо понять, какие нагрузки воздействуют на массив, и какие физические процессы в нем происходят. Ни одна дорога не может быть идеально ровной, всегда будут присутствовать кочки, ямы, подъемы, спуски, также стоит учитывать особенности работы двигателя автомобиля (частая ударная подача тяги на колеса), и особенности управления ТС со стороны водителя (разгоны и торможения). Все это создает сложные динамические нагрузки на скальный грунт, что приводит к возникновению трещин отрыва и развитию трещин сдвига.

Для закрепления грунта поверхности склона применяют технологию пневмонабрызга бетона (укрепленный склон изображен на рис. 1) [1]. Под давлением на поверхность подается бетонная смесь, к ней применяются следующие требования:

Для мелкого заполнителя [2]:

- модуль крупности - не менее 2
- относительная влажность - до 7%;
- предельное содержание глинистых частиц - до 0,5%;
- содержание зерен фракции меньше 0,14 мм - до 10%;
- предельное содержание фракций крупнее 10 мм - не более 5%.

Для крупного заполнителя [3]:

- щебень или щебень из гравия по ГОСТ 8267-93
- максимальный размер крупных частиц зависит от толщины выполняемого покрытия, но не более 25 мм

Вода для затворения бетонной смеси, наносимой набрызгом должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-2011. В качестве вяжущего применяют портландцемент, в том числе бездобавочный или с минеральными добавками. Для создания покрытия толщиной 20-30 см или для ускорения процесса твердения рекомендуется применять ускорители схватывания и твердения. Для получения проектных марок бетона по морозостойкости и водонепроницаемости применяют цементы с содержанием $C_3A < 7\%$ и $C_3A + C_4AF < 20\%$. Кальциевые алюминаты ускоряют твердение и процесс набора прочности, но вызывают увеличение объема образца, что приводит к уменьшению максимальной прочности конструкции. Водоцементное соотношение следует принимать равным 0,4-0,5. При нанесении покрытия на слабые или склонные к размоканию грунты В/Ц следует принимать 0,35–0,4.

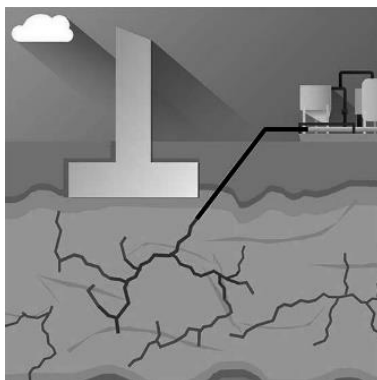


Рис. 2. Инъектирование грунта

При наличии в грунте грунтовых вод, или при обнаружении суффозийных процессов, применяют технологию инъектирования грунта [4] (рис. 2).

Основные способы инъектирования:

- Цементация. В пробуренную скважину вводится цементный раствор, который после застывания прочно связывает породу.
- Силикатизация подразумевает ввод под землю силиката натрия, смешанного с кислотными или щелочными отвердителями.
- Смолязация грунта. Для инъекции применяют полимерные смолы, предварительно смешанными со слабокислотными отвердителями.

В зависимости от сложности задачи и исходных условий используют разные растворы, для увеличения прочностных характеристик грунта может использоваться обычный цемент, при наличии большого количества мелких потенциально опасных трещин могут применяться особо тонкодисперсные вяжущие (напр. Resmix IMZ-B). Для создания противодиффузионных завес на границе «конструкция-грунт», для гидроизоляции напорных течей, для стабилизации подвижных грунтов будут применяться полиуретановые смолы (напр. Resmix PIU) или акрилатные гидрогели (напр. Resmix AG-R). Область применения тех или иных составов в основном зависит от проникающих свойств используемых составов (рис. 3), вязкости растворов и их цены.

Таким образом, поставленную на рис. 1 задачу можно решить так: сделать несколько инъекций составов на основе минерального вяжущего в тело грунта, откос укрепить и защитить от воздействия окружающей среды путем использования технологии пневмонабрызга, гидроизоляцию насыпи, подпорной стенки и других конструктивных элементов сделать, используя полиуретановые смолы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН 126-90/Минтрансстрой СССР Крепление выработок набрызгбетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ.
2. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
3. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
4. ЦНИИС, Ф. О.. УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

СУЛЬФОАЛЮМИНАТНЫЕ ЦЕМЕНТЫ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Использование строительных конструкций в условиях воздействия агрессивных сред предполагают создание цементов со специальными техническими свойствами. Одним из видов специальных цементов является сульфоалюминатный цемент.

Основным минералом сульфоалюминатного цемента, который определяет все его свойства, является сульфоалюминат кальция $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$. Важными отличиями от портландцемента являются: низкая температура обжига клинкера (до 1350°C), высокий уровень гидратации, ускоренный набор прочности, отсутствие усадки, а при определенных условиях расширение цементного камня и пониженное выделение углекислого газа при обжиге клинкера, что имеет значение с точки зрения экологии [1].

Характеристики сульфоалюминатного цемента:

1) Высокая прочность в начальные сроки твердения. С увеличением времени эксплуатации его прочность усиливается.

2) Высокая морозостойкость: наблюдается падение прочности только после 300 циклов замораживания - оттаивания.

3) Высокая герметичность: из-за плотной структуры, непроницаемость бетона в 2-3 раза выше, чем у портландцемента в том же классе.

4) Стойкость против карбонизации: цемент имеет хорошую стойкость против карбонизации и низкую сухую усадку.

5) Коррозийностойкость: цемент имеет хорошую коррозионностойкость, особенно в морской воде [2-4].

б) Высокая огнеупорность.

Для исследования были приготовлены цементы с сульфоалюминатным клинкером (САК) с различным содержанием гипса.

Гипс вводился в количестве, рассчитанном по матрице планирования -1, 0, +1 с шагом 2,5%, за 0 приняли 7,5%. Составы смесей приводятся в таблице 1.

Таблица 1.

Составы смесей сульфоалюминатного клинкера и гипса

Материалы	Составы		
	-1	0	+1
Количество гипса	5%	7,5%	10%

САК	95%	92,5%	90%
-----	-----	-------	-----

Цементы САЦ готовились в фарфоровой мельнице с резиновыми пробками, чтобы исключить домол. Перемешивали 30-40 минут и просеивали через сито 02. Для усреднения состава просеивали дважды.

Первый раз отделяли резиновые пробки, второй для усреднения. Домол остатков на сите не производили. Составы смесей приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Составы по массе исходя из матрицы планирования

Составы	Масса материалов, кг		
	САК	Гипс	Сумма
САЦ-5	1,9	0,1	2
САЦ-7,5	1,85	0,15	2
САЦ-10	1,8	0,2	2

У полученных составов определить водоцементное отношение, нормальная густота и сроки схватывания. К цементу на 50 г добавляли воду начиная с В/Ц=28. Нормальная густота у САЦ-5 составила 32. У САЦ-7,5 и САЦ-10 – 30.

Анализ результатов показал, что цементы на основе сульфоалюминатного клинкера являются быстрохватывающимися. Что коррелируется с литературными данными. Увеличение процентного содержания гипса приводит к увеличению сроков схватывания цементного теста, но незначительно.

Таблица 4.

Состав	Сроки схватывания, мин.	
	Начало схватывания	Конец схватывания
САЦ-5	6	19
САЦ-7,5	7	22
САЦ-10	7	25

После определения нормальной густоты затворяли образцы из теста на определение прочности в малых образцах через 3, 7, 14 и 28 сут.

Показатели прочности разных составов приведены на рисунке.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что уменьшается количество воды, требуемой в цементе для процесса гидратации.

Прочностные характеристики на основе испытаний малых образцов представляют приемлемые показатели.

Сульфоалюминатный цемент отличается от общестроительных цементов химическим, минералогическим составом и имеют уникальные строительно-технические свойства. Основные особенности продукта,

высокая прочность, ранние сроки схватывания. Такие цементы применяются в смешении с обычным портландцементом, из них получают быстросхватывающиеся растворы и бетоны.

Они обладают высокими показателями расширения, напряжения, водонепроницаемости, морозостойкости и коррозийной стойкости.

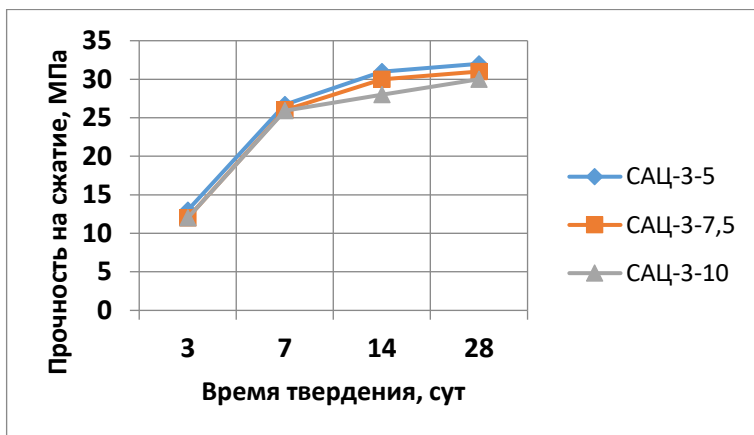


Рис.1. Прочность на сжатие у САЦ различного состава.

Основной областью применения сульфоалюминатных цементов и конструкций на их основе являются: устройство фундаментов, в том числе, высотных зданий и конструкций, строительство в условиях вечной мерзлоты, изготовление напольных покрытий в промышленности и гражданском строительстве, строительство мостов и эстакад, восстановительные работы на водных и подземных сооружениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zorin D.A. Properties of cement stone structure depending on the dispersion of calcium sulfoaluminate. E3S Web of Conferences. vol.91, 02014, 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102014>
2. Samchenko S.V., Zorin D.A. Improving the efficiency of slag Portland cement by reducing shrinkage deformations. Materials Science Forum, Volume 992, pp. 104-110. <https://www.scientific.net/MSF.992.104>
3. S.V. Samchenko S.V., T.V. Kouznetsova Resistance of the calcium sulphoaluminate phases to carbonation //Cement, Wapno, Beton **5**, 317-322, 2014.
4. T.V. Kouznetsova, Y.R. Krivoborodov, S.V. Samchenko, I.Y. Burlov, Special cements on base sulphoaluminate clinker 13th Int. Cong. on the Chem. of Cem. (ICCC). Madrid, Spain, 198.1-198.6, 2011.

*Студентка магистратуры 2 года обучения 4 группы ИСА Шубина Е.С.
Студент 1 курса 32 группы ИСА Леканов Н.А.
Научный руководитель доц., канд.техн. наук, И.В. Козлова*

ДИЗАЙНЕРСКИЕ РЕШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕКОРАТИВНЫХ СУХИХ СМЕСЕЙ

Сухие строительные смеси используют в отделке и декорировании интерьеров и экстерьеров. Во внутренней отделке используются штукатурные и шпаклевочные сухие смеси. С помощью их выравниваются полы, стены, потолки.

В отделке экстерьеров применяют декоративные сухие смеси при оштукатуривании фасадов и цоколей здания, при облицовке керамической плиткой сооружений, бассейнов, тротуаров, в гидроизоляции фундаментов. В обработке фасадов сухие смеси выполняют также защитную функцию, обеспечивая защиту зданий и сооружений от разрушительного воздействия природных условий. В том числе декоративные сухие смеси широко применяются, чтобы придавать сооружениям более живописный и эстетичный вид [1].

Фактурные минеральные штукатурки

Наиболее уникальный способ декорирования поверхностей - оштукатуривание специальными декоративными смесями. Они преобразуют интерьер, создают оригинальные текстурные и узорчатые элементы, подчеркивающие особенности выбранного дизайнерского стиля. Благодаря таким свойствам как высокая прочность, хорошая адгезия, высокая пластичность, трещиностойкость, влагостойкость, долговечность декоративная штукатурка весьма популярна. В дополнение к вышеперечисленным достоинствам ее наносят на поверхность без предварительной подготовки. На поверхность наносится только грунт, а затем декоративная смесь [2].

Базовыми компонентами минеральной штукатурки является цемент и песок, в которые добавляют различные модифицирующие наполнители. Основные их преимущества - повышенные прочностные характеристики, малая стоимость, стойкость к температурным колебаниям. На поверхность с минеральной штукатуркой необходимо наносить защитный слой. Он предохраняет отделку от истирания и атмосферных осадков.

Один из востребованных видов фактуры - «Короед» (рис. 1). Поверхность, на которую нанесена данная штукатурка, выглядит как будто изъеденное короедом дерево. Нанесение этой фактуры не требует особых навыков. Фактура «Короед» придает помещению свой особый эффектный стиль. Главное аккуратно применять данный прием и не

перегружать интерьер деталями, иначе вид будет тяжело восприниматься. Таким образом, можно покрыть штукатуркой не всю стену целиком, а выделить некоторые области для декорирования, например оконные или дверные проемы [3].

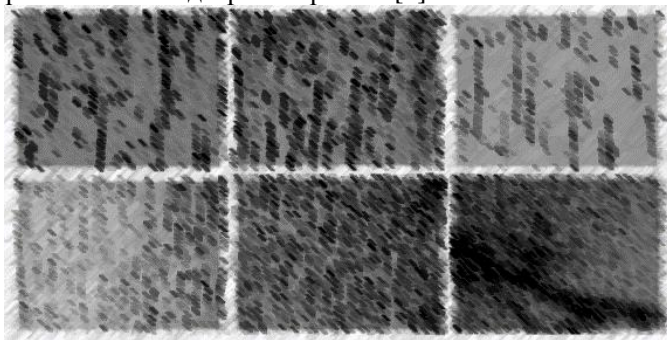


Рис.1 Минеральная фактурная штукатурка по типу «Короед»

Другой распространенный вид фактуры – «Шуба» (рис. 2) наносится на ровные, прочные основания. Хорошо ложится на такие материалы как кирпич, бетон, цемент, шпаклевка. Основные достоинства этого вида прочность, экономичность, долговечность, эластичность [3].

Такую штукатурку можно красить фасадными красками и перекрашивать множество раз. Но лучше всего ее колеровать. Так как со временем фасад начнет растрескиваться и внутри трещин будет видна светлая фактура, которую придется подкрашивать.

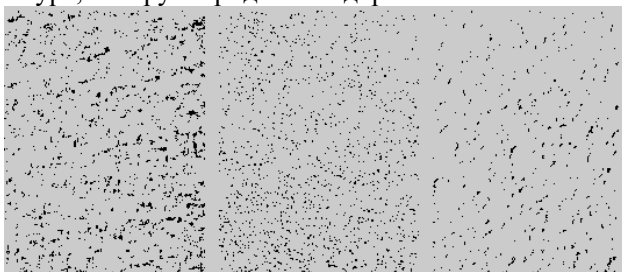


Рис.2 Минеральная фактурная штукатурка по типу «Шуба»

Благодаря своим характеристикам минеральная штукатурка подходит для декорирования любого помещения, помогает украсить фасад и освежить интерьер. Массовое применение она нашла в системах утепления фасадов с тонким штукатурным слоем. Фракция подбирается по проекту или вкусу. Производятся «шуба» и «короед» с фракциями от 1 до 3 мм шести цветов.

Мозаичные декоративные штукатурки (рис. 3) представляют собой смесь разноцветных песков в полимерной дисперсии, применяются для

отделки интерьеров и фасадов. Помимо необыкновенной декоративности, эти штукатурки обладают повышенной прочностью, морозоустойчивостью, водостойкостью, устойчивостью к воздействию щелочных сред и ультрафиолетовому излучению [2].

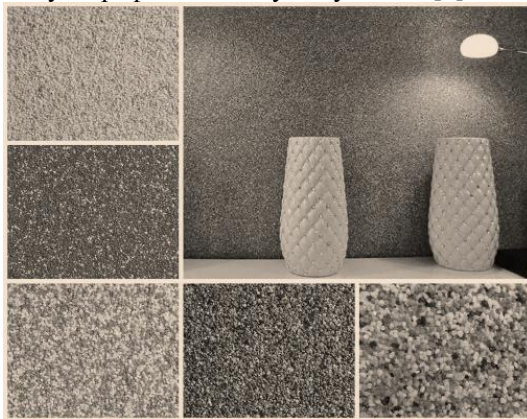


Рис.3 Мозаичная декоративная штукатурка

Топпинги

Это материалы на цементном вяжущем с заполнителем из кварцевого песка или песка с добавлением корунда. Бывают натуральных цветов и с добавлением цветных пигментов [1].

Топпинг наносят как финишный слой на свежееуложенный бетонный пол для его упрочнения. В результате прочность бетона увеличивается в два раза. Так как область применения топпинг-полов – склады, парковки и общественные здания, стоит отметить еще одно преимущество – легкость уборки и привлекательный внешний вид.

Топпинг-полы достигают эстетичный вид благодаря матовой блестящей поверхности и применению цветных пигментов.

В настоящее время существует множество декоративных материалов, позволяющих решить задачу в отделке фасадов и интерьеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгих А.И. Отделочные работы. М: «Научная книга» 2003 г., - 420 с.
2. Шепелев А.М. Декоративная штукатурка. М: «Госстройиздат» 1957 г., -164 с.
3. Шепелев А.М. Штукатурные декоративно-художественные работы. М: «Высшая школа» 1990г., -240 с.

СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Студентка 2 курса 20 группы ИСА Аверина С.Н.

Научный руководитель – доц. канд. тех. наук. доц. А.Н. Нестерова

КВАРТИРЫ-СТУДИИ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Квартира-студия - тип квартиры, в которой отсутствуют внутренние перегородки между кухней и жилым помещением.

Достоверно неизвестно, кем было создано архитектурно-планировочное решение жилья как квартиры-студии; по одной из версий оно было придумано Людвигом Мис ван дер Роэ в США в 1920-х и доработано Пургиным А. В. в 1966—1967 годах.

По другой версии идея такого жилья была разработана в Японии около 100 лет назад, для обеспечения населения доступным жильем. Изначально квартиры, прозванные «капсулами», имели маленькую площадь и минимальное количество мебели и бытовой техники.



Рис.1 Планировка квартиры-студии

В России студии приобрели популярность примерно в 1990-х годах и моментально получили статус элитного жилья. Сейчас такие квартиры – это нечто обыденное для современного человека; все чаще застройщики предусматривают около 25% квартир-студий в многоквартирных домах, а иногда и больше. И на эти квартиры довольно высокий спрос, который, как известно, влияет на предложение.

В чем же преимущества таких квартир и в чем недостатки?

Основным плюсом студии является её стоимость: цены на такие ниже, чем цена однокомнатной квартиры таких же класса и расположения. Ниже в таблице для наглядности приведены стоимости квартир-студий и однокомнатных квартир в одном доме.

Таблица 1.

Сравнение общей стоимости квартир-студии и однокомнатных квартир.

Тип	Квартиры-студии.	Однокомнатные квартиры
	5 125 000 Р	5 694 732 Р

Общая стоимость, руб.	9 297 360 Р	10 009 710 Р
--------------------------	-------------	--------------

Однако, если посчитать, то иногда выходит, что один квадратный метр в студии обходится дороже, чем абсолютно такой же квадратный метр в так называемой «однушке».

Таблица 2

Сравнение стоимости одного кв.м в квартирах-студиях и однокомнатных квартирах.

Тип	Квартиры-студии	Однокомнатные квартиры
Стоимость за 1 кв. м, руб.	170 720 Р/м ²	180 900 Р/м ²
	279 200 Р/м ²	254 700 Р/м ²

Именно из-за небольшой цены, квартиры-студии стали популярным способом инвестиций. Например, инвестор покупает небольшую студию, а затем сдает ее. Несмотря на разницу в общей стоимости, стоимость аренды студий не сильно отстает от аренды однокомнатной квартиры, что позволяет владельцу быстрее отбить сумму покупки.

На самом деле такие квартиры обычно дешевле из-за того, что у них маленькая площадь. Если рассматривать студии «эконом-класса», которые и являются самыми популярными среди покупателей, то площадь таких квартир редко превышает 30 м², а если и превышает, то цена достаточно высока.

Конечно, эту проблему можно решить грамотным подбором мебели. Например, можно использовать встроенную мебель: кровать в шкафу, стол в шкафу и т.д. – которую можно сконструировать самостоятельно. Или визуально увеличить пространство с помощью дизайна: цвет, установка зеркал, яркое освещение.

Так же для большинства покупателей несомненным плюсом квартир-студий является свободная планировка, и владелец студии создаёт планировку, которая ему удобна. А ещё отсутствие стен делает помещение визуально больше, что важно для психического здоровья.

Зачастую люди, имеющие в собственности однокомнатные квартиру, проходят через большое количество инстанций и получают разрешение на снос стены, если она не является несущей, между жилой комнатой и кухней: для зрительного увеличения площади.

Однако, единая площадь так же является минусом: из-за того, что в студии отсутствуют перегородки, любые запахи, например, из кухни, будут распространяться по всей жилой площади. К тому же, из-за малого

метража, в студиях зачастую отсутствует прихожая, из-за чего в комнату будет проникать грязь и пыль. Однако эти проблемы решаемы хорошей вентиляцией и грамотным зонированием.

Из предыдущего недостатка квартир-студий плавно вытекает ещё один: отсутствие личного пространства, ведь всем хочется иногда побыть одному. Малая площадь и свободная планировка делают почти невозможно обустройство личного уголка для человека. Поэтому в квартирах-студиях чаще всего селятся одинокие молодые люди.

Еще к плюсам студий можно отнести естественное освещение и хорошую акустику. Из-за отсутствия стен, свет и звук распространяются по всей жилой площади. К тому же наличие естественного освещения позволяет сэкономить на электроэнергии, что является несомненным плюсом. Именно эти два критерия делают студии популярными среди творческих людей

Из всей информации можно сделать вывод: квартиры-студии имеют ряд особенностей, благодаря которым в таких квартирах комфортно жить или работать следующим категориям людей:

1. Одинокие молодые люди либо матери- или отцы-одиночки
2. Художники, музыканты или люди, которым нужно пространство для творчества
3. Студенты, перебравшиеся на время обучения в другой город
4. Молодые или пожилые пары без детей

Конечно, никто не может запретить покупать квартиру людям, не относящимся к этой категории, ведь что для одного плюс, то для другого минус, и наоборот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Саблин М.Т.* Покупка квартиры в России: техника подбора, юридической проверки и проведения сделки. — М.: «Кнорус», 2011. — 592 с.
2. *Соколов И.И.* Перепланировка и ремонт в малогабаритной квартире. - М.: "РИПОЛ классик", 2010. - 140 с.
3. *Зингер Б.И.* Встроенная мебель в вашей квартире: Справочное пособие – М.: Стройиздат, 1992. - 256 с
4. *Ахремко В.А.* Дизайн малогабаритной квартиры. Правила увеличения пространства. - М.: Эксмо, 2015. - 208 с.
5. *Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К.* Жилище для человека – М.: Стройиздат, 1991. - 227 с.

Студент 2 курса 6 группы ИСА Баглаев Д.Е.

Научный руководитель – ст. преподаватель Е.Л. Безбородов

ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В ЗДАНИЯХ, ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ ПОСТРОЙКИ

В домах дореволюционных времён, как правило, деревянные балки перекрытия. Между тем, и в этой категории домов встречаются respectable особняки с междуэтажными перекрытиями на основе балок из ценных пород дерева.

Металлические балки перекрытий встречаются в домах с 1870-х годов. В период развития металлургической промышленности, но в массовом строительстве начали применяться только в XX столетии. В усадьбах использовались каменные перекрытия с использованием старых рельс (рис.1-2), что тоже усложняет работу усиления.



Рис.1 Кирпичный свод



Рис.2 Стальной рельс в
конструкции междуэтажного
перекрытия

Обследование конструкций, находящихся под нагрузкой и их усиление.

Заключение о целесообразности усиления конструкций составляется при их обследовании и расчете на действительные нагрузки. Для определения несущей способности сооружений (конструкций) необходимо также определить механические характеристики материала, из которого они изготовлены. Старый металл проверяют на свариваемость. В процессе обследования конструкций в первую очередь

необходимо выяснить все их дефекты и повреждения. Они могут появляться как при изготовлении, так и при монтаже конструкций.

Усиление деревянных балок перекрытий

Существуют разные способы. Рассмотрим несколько видов, имеющие преимущество в стоимости, простоте работы и универсальности:

- Добавление новых деревянных балок

Благодаря этому способу мы сможем надежно укрепить перекрытие и повысить его ресурс. Новые балки расположим между старыми и аварийными, желательно закрепить их выше на деревянные лаги, чтобы не обрушить перекрытие во время работы. За счёт этого уровень пола становится выше.

- Усиление перекрытий путем установки опор под несущие балки

Опоры, подпирающие балки снизу, являются хорошим способом перераспределить нагрузку с балки на опору.

Минусы таких работ заключаются в том, что за счёт дополнительных опор уменьшается рабочее пространство в квартире

Усиление металлических балок перекрытия

Перед началом работы необходимо удостовериться, что отсутствуют временные нагрузки и обеспечиваются благоприятные климатические условия, где температура окружающей среды не ниже -15°C для обычной стали и не ниже -5°C для сплавов кипящей плавки.

Для армируемых элементов конструкции желательно использовать сталь того же класса, что и у материала восстанавливаемой конструкции. Иногда при усилении металлических балок перекрытия целесообразно использовать болтовые соединения

Одним из наиболее эффективных способов усиления металлических балок и прогонов является укрепление дополнительным двутавровым меньшего сечения на участках наибольших напряжений с помощью приварки, чертежи такой работы представлены на (рис.3)

Если же не требуется крупномасштабных работ по усилению перекрытий, можно установить короткие поперечные, продольные или наклонные ребра жесткости, ограничивая их продольными ребрами для повышения местной устойчивости и недостаточной несущей способности участков стенок балок (рис3.)

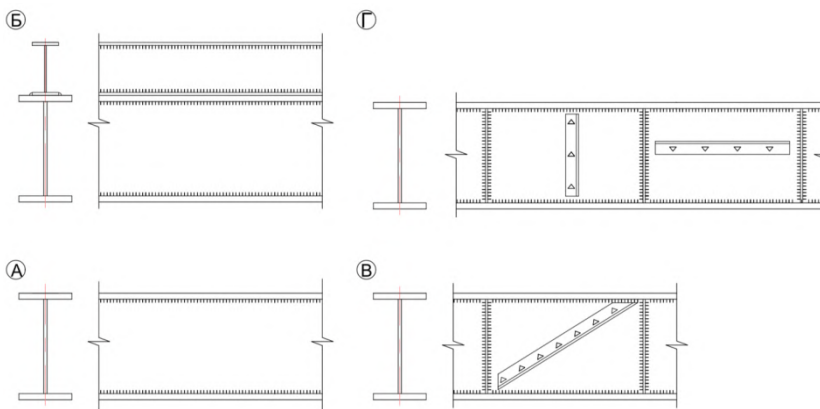


Рис.3

- а) балка, требующая усиление,
 б) балка усиленная дополнительным двутавром меньшего сечения,
 в,г) усиление балок с помощью продольных, поперечных и наклонных ребер жесткости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *de-Рошефор Н.И.* Иллюстрированное урочное положение. Пг., 1928 – XIII+694 с., илл. [<http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-800/Untitled0.pdf>]
2. *Эвальд В.В.* Строительные материалы их приготвление, свойства и испытания, 1910.С.17-21[<http://gpntb.dlibrary.org/ru/nodes/1708-evald-v-v-stroitelnye-materialy-ih-prigotovlenie-svoystva-i-ispytaniya-spb-1910#>]
3. *Безбородов Е.Л., Щелокова Т.Н.* К вопросу о реконструкции перекрытий в зданиях, возведенных в период 1870-1940г.г., Научное обозрение, Москва, №13, 2017
4. *Даидбеков С.Д.* Приёмы восстановления деревянных перекрытий. 1953
5. *А.Н. Шихов.* Реконструкция гражданских и промышленный зданий. 2015

АРХИТЕКТУРА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ СКВОЗЬ ВРЕМЯ

Испокон веков люди стремились добраться до небес. Воплощением этого стремления стало строительство небоскребов. Первым воплощением этого стремления стала Вавилонская башня. В настоящее время в связи с перенаселенностью городов и с концентрированностью людей на маленьких участках земли возникает необходимость строительства высотных зданий, которые стали символом мегаполисов.

Небоскребы древности. Самые известные в истории высотные здания — это пирамида Хеопса — 137 метров, Александрийский маяк, построенный в 3 веке до н. э. на острове Фарос высотой — 150 метров.

Йеменский город Шибам, который был построен в пустынных землях Аравии около 2 тысяч лет назад, известен как город высоток из глиняных блоков. Небоскребы Шибамы построены из «мадара» (необожженного кирпича). Самый высокий глиняный дом насчитывает 11 этажей. Для изготовления мадара глину смешивали с водой, добавляли солому, и всю эту массу заливали в деревянные формы. Потом обжигали жарким солнцем, кирпичи были готовы к использованию. Поскольку стены клали в один кирпич, то ширина кирпичей была разная: для нижних этажей делали более широкие кирпичи, для верхних более узкие. Поэтому в вертикальном сечении все Шибамские многоэтажки имеют форму трапеции.

Средние века. В 14 веке в немецком зодчестве появился фахверковый метод строительства домов, который стал настоящим прорывом. Он быстро распространился в северных областях Европы. Особенностью фахверкового метода является то, что всю нагрузку воспринимает каркас здания, а стены выполняют функцию только ограждающих конструкций. Такая конструктивная схема позволяла строить достаточно высокие дома, однако, конечно, их ещё нельзя было назвать высотными. Высота таких домов достигала 5—7 этажей, что является очень неплохим результатом для 500 летних построек.

Башни Болоньи. В средние века в Италии было построено очень много строений высотой 60—100 метров. Башни строились на фундаментах, усиленных вколотыми в землю столбами и засыпанными камнями. В основании укладывали большие каменные блоки, стены наверху делались тоньше и легче, чем у основания. На современном языке конструкцию стены можно назвать каркасно—засыпной. Строилось одновременно две стены: толстая внутренняя и тонкая внешняя. Промежуток между ними засыпали щебнем.

Две самые знаменитые башни находятся в Болонье:

- Башня Азинелли. Высота ее составляет 97 метров. Ее наклон составляет 1,3 градуса и верхней части она смещена 2,2 метра.

- Башня Гаризенда. Ее высота гораздо меньше — 48 метров, но отклонение от оси составляет целых 3,22 метра. Упоминание об этой башне встречается даже в 31 главе Божественной Комедии Данте.

Эти две башни отстоят друг от друга буквально на расстоянии десятка метров, и наклонены в разные стороны, что резко усиливает впечатление падающих башен. По некоторым версиям башня Гаризенда была даже выше башни Азинелли, и именно поэтому упоминается в произведении Данте. Наклон башен обусловлен нарушением технологии строительства. Углубление фундамента башен на 8 метров оказалось недостаточным. И результатом стало разрушение неправильно спроектированных фундаментов.

Современность. В конце 19 века благодаря появлению новой технологии строительства, создание несущего каркаса из металла стало прорывом в строительстве высотных зданий. Благодаря несущему каркасу вес сооружения уменьшался почти на треть. Предложил новый подход американский архитектор Уильям Ле Барон Дженни. Первый небоскрёб был построен по его проекту в Чикаго в 1885 — здание страховой компании. Здание имело несущую заднюю стену и гранитную колонну, т.к архитектор побоялся полностью отказаться от других несущих конструкций.

В 1891 году при строительстве 11 этажной башни Уэйнрайта в Сент—Луисе архитектор Луис Генри Салливан полностью перешёл на несущий стальной каркас.

До настоящего времени архитекторы следуют принципам небоскребостроения, сформулированными Луисом Генри Салливаном.

1. Небоскребу нужен подземный этаж, в котором будут размещаться техническое и эксплуатационное оборудование, предназначенное для обслуживания здания.

2. Первый и второй этажи должны быть отданы в аренду организациям, обеспечивающим сервисное обслуживание населения, которым нужен легкий доступ с улицы.

3. На всех остальных этажах должны размещаться офисные помещения.

4. Самый верхний этаж должен быть техническим.

В 1969 году был создан совет по высотным зданиям и городской среде — международная организация, занимающаяся вопросами высотного строительства.

В настоящее время высотные сооружения разделены на три категории. Основной является конструктивная высота здания или уровень шпиля. Второй категорией является высота до любого предмета,

закрепленного на вершине сооружения. Третья категория - высота до пола последнего этажа, на котором могут законно находиться люди.

Бурдж Халифа. Самое высокое многоэтажное здание -это небоскреб Бурдж Халифа в Дубае, высотой 828 метров. По форме небоскреб напоминает сталагмит, так как она рассчитана на сильные ветровые нагрузки. В основу фундамента было заложена 194 сваи, каждая из которых имеет длину 43 метра и 1,5 метра в диаметре. Расчетная нагрузка каждой сваи составляет 6600 тонн. Фундамент ядра здания -это бетонная плита, толщиной 3,7 метра. Всего на фундамент здания было израсходовано 12500 кубометров специального самоуплотняющегося бетона марки С50. Учитывая, что в данном регионе температура достигает +50 градусов, была разработана специальная марка бетона, способная долгое время выдерживать такую температуру. Для создания комфортных условий внутри здания и уменьшения затрат на кондиционирование были разработаны специальные стекла, отражающие часть теплового излучения, но пропускающие достаточное количество света. Эти стекла могут так же выдержать огромные ветровые нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Огюст Шуази* Всеобщая история архитектуры// Эксмо, 2012. стр. 107-111
2. *Эмили Коул* Архитектура в деталях. Путеводитель по стилям и эпохам мировой архитектуры.// Бомбора, 2021. стр.
3. *Н. В. Кузнецова* История Архитектуры// ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. стр. 13-14
4. *Колесников А. И.* Анализ истории высотного строительства в мире// Молодой учёный №6, 2020
5. Высотное строительство// Профессиональный журнал «Мосинжпроект» №6, 2019. стр. 75

Студентка магистратуры 2 года обучения 6 группы ИСА Бормотина А.М.

Научный руководитель – доц, канд. техн. наук, доц. Т.Н. Щелокова

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОЛОКНА В ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РУКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО МУЗЕЯ- ЗАПОВЕДНИКА «КИЖИ»

Одним из наиболее актуальных направлений в строительстве является усовершенствование методов реконструкции зданий и сооружений.

Инновационным решением эффективного усиления деревянных несущих элементов в настоящее время значится усиление объекта строительства композитными системами [1]. В данной статье проанализирована возможность применения материалов из углеволокна в деревянных конструкциях реконструируемых зданий на конкретном примере и предоставлены преимущества данного вида усиления.

Сравнивая проведенные исследования данного вопроса в России и в мире, можно установить, что наиболее больших достижений добились за рубежом. Так, в г. Лукке, Италия, в 2005 г. произвели усиление полимерными композитами балок перекрытия дворца Палаццо Нобили, а в г. София, Болгария, в 2010 г. разработали систему усиления деревянных балок перекрытия в гольф-клубе. По результатам обследования гольф-клуба после завершения ремонтных работ было выявлено увеличение несущей способности перекрытия на 27% и снижение деформативности на 20% [2].



а



б

Рис. 1. Усиление деревянных балок перекрытия:

а) во дворце Палаццо Нобили в г. Лукке, Италия, 2005 г.

б) в гольф-клубе в г. София, Болгария, 2010 г.

Внешнее усиление деревянных конструкций углеволокном подходит для современных зданий и для зданий, представляющих историческую и

культурную ценности, так как сохраняет исходный вид древесины и не меняет статическую схему здания.

Среди главных преимуществ применения материалов на основе углекомполитов в деревянном строительстве можно обозначить [3]:

-малый вес; -высокие показатели прочности; -устойчивость к агрессивным химическим средам;-высокая удельная жесткость;- возможность незаметного использования в качестве бандажей; -долгий срок службы.

Отдельно стоит выделить способность материалов на основе углеволокна увеличивать значение прочности деревянных конструкций более чем на 100% при наружном армировании. Также при применении углеродных волокон для усиления работы деревянных балок поперечное сечение конструкции можно сократить до 25% [3].

В 2020 году Преображенской церкви исполнилось 306 лет. Большинство элементов сохранилось до наших дней благодаря своевременному ремонту и уходу. Самые масштабные и дорогостоящие работы по реставрации памятника были проведены в 2010-2020 гг. За это время строители и инженеры столкнулись с несколькими проблемами, одной из которых стало пересечение деревянных и металлических связей 1982 г. постройки с вновь монтируемой лифтинг-системой. В дальнейшем для поддержания прочности здания строителями было решено оставить усиливающие металлические элементы [4].

В данной публикации предложен альтернативный способ: взамен сохранения металлических и деревянных связей предлагается полный демонтаж металлических с последующим внешним усилением деревянных лентами на основе углеродного волокна. Этот вариант позволит расширить внутреннее пространство яруса и сохранить его архитектурный облик. Кроме того, основываясь на опыт зарубежных стран можно предположить, что значение несущей способности балки увеличится, а значение деформативности уменьшится.

Для сравнения технико-экономических показателей двух способов усиления балок Преображенской церкви приведена столбчатая диаграмма с показателями стоимости производства работ, а также с нормами времени труда рабочих по сборнику ЕНиР [5].

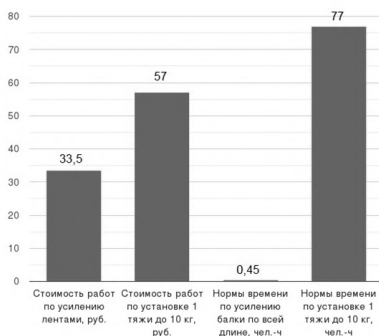


Рис. 2. Диаграмма сравнения ТЭП двух вариантов усиления балки

Кроме того, для производства работ по установке усилительных металлических тяг требуется крановое оборудование.

Таким образом, при сравнении было выявлено, что способ усиления деревянной балки Преображенской церкви лентами из углеволокна менее трудозатратен на 99,4% и более экономичен на 41,2%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ЕДИНЫЕ НОРМЫ И РАСЦЕНКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ, МОНТАЖНЫЕ И РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ. – Введен 05.12.86. – Госстрой СССР. – М.:Стройиздат,1989.
2. Гриднев, Н.Н. Усиление деревянных балок полимерными композитами/ Н.Н. Гриднев, А.С. Харламова // Молодой ученый : международный научный журнал. – 2020 – № 20 (310). – 155 с.
3. Кузнецова К.В., Луговой Д.Д., Титова О.Ю., Незвицкая Т.В., Седнева Н.А. и др., Отчет о сохранении памятников ОВН «Кижский погост» за 2014-2015 гг. - Петрозаводск.: Издательский центр музея-заповедника «Киж», 2015. - 24 с.
4. Стоянов В.О. Прочность и деформативность изгибаемых деревянных элементов, усиленных полимерными композитами: 05.23.01 / Стоянов Владимир Олегович; [Место защиты: Науч.-исслед. центр "Стр-во"]. - Москва, 2018. - 186 с.
5. Щелокова Т.Н. Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова: научно-теоретический журнал. – 2018 – № 6. – 146 с.

ВОПРОСЫ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С СИСТЕМОЙ ВЕРХНЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Продолжительность инсоляции рабочих помещений производственных зданий в соответствии с действующим в настоящее время требованиями не нормируется. Более того, существует ряд исследований, которые рассматривают инсоляцию в промышленных зданиях как нежелательное явление. Отрицательные свойства инсоляции в рассматриваемых зданиях заключаются как в возможном перегреве помещений за счет солнечной радиации, так и в возникновении нежелательных яркостей, контрастов и блескостей. [1, 2, 3, 4].

Все это увеличивает дискомфорт внутренней среды и, как следствие, может привести к ухудшению самочувствия работающих и к снижению производительности труда.

В настоящее время вопросом солнцезащиты производственных зданий не уделяется достаточно внимания. Окна, несмотря на значительную площадь остекления, особенно в многопролетных промышленных зданиях не обеспечивают ни естественным ни солнечным светом всю рабочую площадь в достаточном количестве. Для обеспечения ее необходимыми уровнями освещенности обычно применяются фонари верхнего естественного света. Но одновременно с этим, именно они и являются «проводниками» инсоляции в производственные помещения [2, 3, 5, 8, 9].

Основными типами фонарей верхнего естественного света являются фонари-шеды, фонари-надстройки и зенитные фонари. Вследствие ориентации остекления фонарей на зенитные или околоразенитные участки небосвода именно они являются проемами, обеспечивающими постоянную, но нежелательную инсоляцию практически всей площади рабочих зон промышленных зданий [4, 5, 6, 7, 8, 9] (рис. 1). При этом, вопросы солнцезащиты рабочих помещений не рассматриваются. «Остаточные» солнцезащитные качества у фонарей верхнего света проявляются лишь на уровне солнцезащитных средств. К ним, в частности, относится ориентация остекления фонарей. Например, наиболее характерной особенностью фонарей типа «шед» (фонарей с односторонним остеклением) является возможность ориентации его остекления на северную четверть горизонта, что полностью исключает возможность поступления солнечной радиации в помещение. Фонари-надстройки и зенитные фонари практически не имеют защиты от

инсоляции что является их отрицательным качеством и требует соответствующих проектных решений.

Выводы.

1. Вопросы солнцезащиты производственных зданий, до сих пор не достаточно изучены, в условиях современного промышленного строительства, со значительным вниманием, уделяемым условиям труда и комфорту внутреннего микроклимата, требуют своего детального рассмотрения как в научном, так и в проектно-практическом аспектах.

2. Наиболее практичным с точки зрения солнцезащиты являются, при их соответствующей ориентации, фонари типа «шед». Фонари-надстройки имеют значительно худшие солнцезащитные качества, а зенитные фонари не обладают ими вообще. Поэтому, при увеличивающимся объеме строительства производственных зданий с фонарями точечных типов целесообразно расширять область научных светотехнических и инсоляционных исследований именно в области обеспечения надежной солнцезащиты рабочих помещений с элементом системы верхнего естественного освещения.

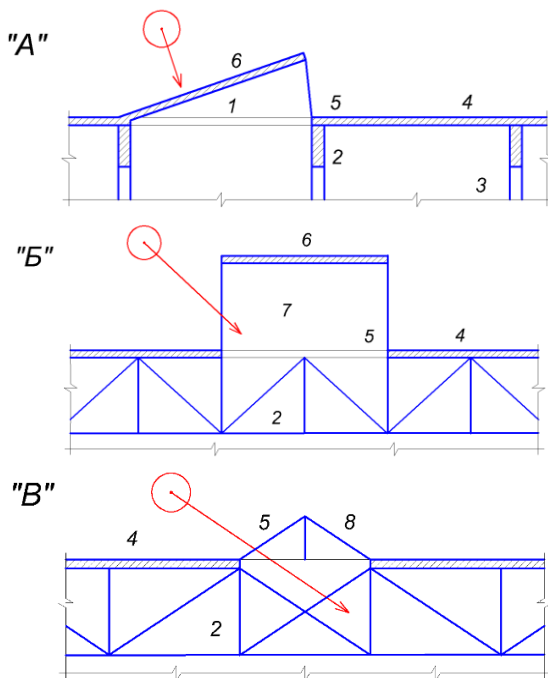


Рис. 1. Основные типы фонарей верхнего света:

а) Фонари типа «шед»,

б) Светоаэрационный фонарь-надстройка,

в)Зенитный фонарь

Экспликация:1.Фонари типа «ШЕД»;2.Строительные конструкции покрытия (балки и фермы);3.Колонны каркас;4. Несущие конструкции покрытия (при прогонной или беспрогонной системе);5.Остекление фонарей; 6.Светоаэрационный фонарь-надстройка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий» Москва, Минздрав России, 2002 (дополнение с изменениями внесены 10 апреля 2017 года).
2. *Гусев Н.М.* «Основы строительной физики» Москва, Стройиздат, 1975.
3. *Соловьев А.К.* «Физика среды» Москва, издательство АСВ, 2014
4. *Тваровский М.* «Солнце в архитектуре» Москва, Стройиздат, 1977.
5. *Харкнесс Е., Мехна М.* «Регулирование солнечной радиации в зданиях» Москва, Стройиздат, 1984.
6. *Соловьев А.К.* «Учет влияния отраженного света в расчетах естественного освещения производственных зданий с системой верхних светопроемов при неравномерном светораспределении» Сборник трудов кафедры Архитектуры МИСИ №103. Москва, 1974.
7. *Соловьев А.К.* «Оценка световой среды производственных помещений в условиях ясного неба» Светотехника, 1987, №1.
8. *Стецкий С.В.* «Солнцезащита помещений производственных зданий с естественным освещением через световые колодцы» ПГС, 2016, №7.
9. *Мохельникова Й.* «Естественное освещение и фонари верхнего света» Светотехника, 2008, №3.

СОЛНЦЕЗАЩИТА ПОМЕЩЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ СО СВЕТОАЭРАЦИОННЫМИ ФОНАРЯМИ-НАДСТРОЙКАМИ

Светоаэрационные фонари – надстройки в производственных зданиях не отличаются значительной эффективностью в обеспечении помещений естественным светом. Однако, они широко применяются в промышленном строительстве до настоящего времени главным образом за счет простоты и дешевизны при своем устройстве, как средство естественной вентиляции помещений и как дополнительный источник естественной освещенности при одноэтажных промышленных зданиях большой ширины [2, 4, 5]

Однако, до настоящего времени достаточным образом не рассматривались инсоляционные свойства светопроемов в этих фонарях. Как известно, инсоляция помещений промышленных зданий не нормируется. Более того производственная практика показывает, что ее следует минимизировать, если не избегать вообще. В рассматриваемых зданиях инсоляция имеет ряд отрицательных свойств, а именно: дополнительный, к технологическим тепловыделениям, перегрев помещений за счет теплового действия солнечной радиации, возникновение дискомфортных яркостей, блескостей и контрастов и т.д. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Инсоляционные свойства фонарей-надстроек достаточно высоки, так как их проемы ориентированы на высокие участки небосвода и имеют значительные параметры горизонтальных и вертикальных инсоляционных углов. В теплый летний период года при высоком солнцестоянии нежелательная и избыточная инсоляция в рабочих помещениях будет присутствовать, вызывая нежелательные эффекты, перечисленные выше. Очевидно, что наиболее простым и эффективным способом борьбы с инсоляцией в этом случае является установка солнцезащитных устройств в виде внешних горизонтальных козырьков (рис.1). как видно из этой иллюстрации, при высоких положениях Солнца в летние месяцы солнцезащита работает эффективно, а в зимние месяцы, при низком солнце, его лучи. Не блокируемые солнцезащитными козырьками, являются средством пассивного обогрева помещений. Кроме этого, козырьки, являясь защитой от прямых солнечных лучей. Способствуют перераспределению световых потоков, первоначально отраженных от кровли здания. Это увеличивает

уровни естественной освещенности в помещении, компенсируя ее значения, утраченные в результате устройства стационарной солнцезащиты, обладающей определенным затемняющим эффектом [6, 7, 8, 9].

Выводы.

1. Для рабочих помещений производственных зданий необходимо применение солнцезащитных устройств, которые улучшают качество внутреннего микроклимата уменьшая перегрев от избыточной солнечной радиации, снижая яркостные контрасты, блескости и создавая более равномерное распределение освещенности в интерьере.

2. Солнцезащитой в производственных зданиях должны быть в первую очередь обеспечены элементы системы верхнего естественного освещения, через которые солнечная радиация в основном и попадает в рабочие зоны производственных помещений.

3. Наиболее простым и эффективным солнцезащитным устройством являются внешние стационарные козырьки, которые следует применять на наиболее традиционных типах фонарей верхнего света – светоаэрационных фонарях-надстройках. Кроме своих солнцезащитных свойств, эти козырьки являются еще и светоотражающими элементами, перераспределяя световые потоки вглубь помещения и увеличивая значения коэффициента естественной освещенности в дальних от фонарей рабочих зонах.

Системы верхнего естественного освещения, через которые солнечная радиация в основном и попадает в рабочие зоны производственных помещений.

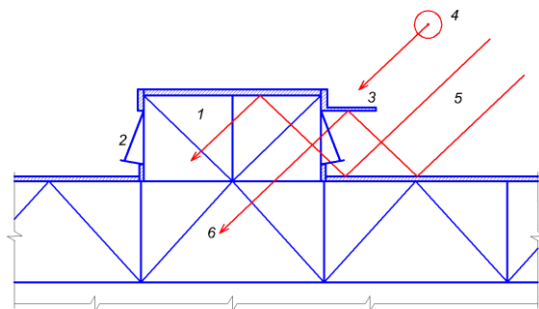


Рис. 1. Схема использования солнцезащитных козырьков на светоаэрационных фонарях-надстройках:

1. Светоаэрационный фонарь-надстройка,
2. Боковое остекление фонаря,

3. Наружный стационарный солнцезащитный козырек,
 4. Солнце,
 5. Прямые световые потоки от солнца,
 6. Отраженные световые потоки от солнца

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий» Москва, Минздрав России, 2002 (дополнение с изменениями внесены 10 апреля 2017 года).
2. *Соловьев А.К.* «Физика среды» Москва, издательство АСВ, 2014
3. *Харкнесс Е., Мехна М.* «Регулирование солнечной радиации в зданиях» Москва, Стройиздат, 1984
4. *Гусев Н.М., Оболенский Н.В., Дунаев Б.А.* «Руководство по проектированию солнцезащитных средств» (строительная светотехника. Научные труды НИИСФ РААСН) Выпуск 5 (XIX), 1972.
5. *Соловьев А.К.* «Учет влияния отраженного света в расчетах естественного освещения производственных зданий с системой верхних светопроемов при неравномерном светораспределении» Сборник трудов кафедры Архитектуры МИСИ №103. Москва, 1974
6. *Соловьев А.К.* «Оценка световой среды производственных помещений в условиях ясного неба» Светотехника, 1987, №1
7. *Стецкий С.В., Сало М.А.* «Учет влияния солнцезащитных устройств при расчетах естественного освещения в условиях южных регионов с преобладанием ясного неба». СМОТ XXI Века, 2004, № 10.
8. *Стецкий С.В., Порублев С.А.* «Оптимизация решений солнцезащитных устройств в производственных зданиях с учетом их светоперераспределяющих свойств» Вестник МГСУ, 2011, №1
9. *Стецкий С.В.* «Солнцезащита помещений производственных зданий с естественным освещением через световые колодцы» ПГС, 2016, №7

Студент 2 курса 10 группы ИСА Гонсалвеш И.Н.

Студентка 2 курса 10 группы ИСА Волохова Е.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Е.Л. Безбородов

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
ЗДАНИЙ**

Введение

Энергоэффективными называют сооружения, для которых предусмотрена совокупность мероприятий согласно эффективному применению основных и альтернативных источников энергии. К ним относятся здания, для теплоснабжения которых обширно применяются нестандартные источники энергии. Современные сооружения обладают большими возможностями по повышению их термической эффективности.

Цель проектирования и строительства пассивных зданий заключается в наиболее эффективном применении энергоресурсов, затрачиваемых на энергоснабжение сооружения, путем использования инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также применимы с экологической и общественной точек зрения и не изменяют обычного образа жизни. Приоритетность при выборе энергосберегающих технологий обладают технические решения, одновременно способствующие улучшению микроклимата помещений и защите окружающей среды.

Основная часть.

Приведём статистику расходов на проживание в частном жилье. В среднем обычному зданию необходимо 100-120 кВт*ч/м². Сооружение является энергоэффективным, если данный показатель ниже 40 кВт*ч/м². Однако для «пассивных домов» он ещё ниже приблизительно 10-15 кВт*ч/м². Такой показатель обеспечивается как сокращением потерь энергии, так и оптимизацией выработки полезной энергии. Реализуется такая задача конкретной архитектурной концепцией и применением механизма рекуперации. Из вышесказанного возможно выразить определение: «пассивный дом»-архитектурное сооружение, имеющее значительно более низкое энергопотребление за счёт использования пассивных технологий энергосбережения. Такой дом употребляет около 10-15% от удельной энергии в единицу площади, нужной для большинства классических домов. На данный момент подобных идеальных «пассивных домов» нет.

Каждому из существующих сегодня зданий необходим дополнительный «активный» подогрев. Наиболее популярный вариант это установка котла, который будет при незначительном потреблении энергии извне компенсировать не хватающее тепло. Но всё же имеется теоретическая вероятность сформировать самостоятельную энергосистему, используя альтернативные источники энергии, научно-технические особенности, а также рекуперационный принцип и т.д.

Приведём краткую характеристику основных из них.

Характерные элементы энергоэффективных зданий:

1. Форма дома. Энергосберегающее здание должно иметь меньший коэффициент компактности, то есть отношение общей площади дома к его объёму.

2. Инсоляция помещений. Для максимальной экономии энергоресурсов все окна и двери располагаются на южной стороне. Сам дом должен быть ориентирован передним фасадом на географический юг.

3. Теплоизоляция. Необходимо не просто снизить, а исключить все возможные теплопотери. Теплоизоляцией обеспечивают все угловые соединения, окна, двери и даже фундамент. Тщательно проводят укладку теплоизоляции в стены и крышу.

4. Вентиляционная система. Логика развития современного строительства приводит к необходимости перехода к проектированию жилых зданий с механической, контролируемой системой приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла за счет вытяжного воздуха. В основе сооружения лежит вентиляция рекуперационного типа.

Изучив и проанализировав приведенные ресурсы, мы пришли к заключению, что вероятность строительства в наших условиях энергоэффективного дома имеется уже сегодня, особенно это касается частного сектора. Все его недостатки считаются проходящими и компенсируются комфортом от смены домашнего микроклимата, а непосредственно низкое потребление энергии позволит сократить затраты на приобретение энергии. При эксплуатации зданий, появляется необходимость в энергетических ресурсах, так как чем выше здание, тем сложнее гарантировать нормальные климатические условия в нем. И следом за недостатком свободных площадей, появляется новая проблема – увеличение стоимости энергии. В ходе проектирования энергоэффективных зданий, следует проанализировать вероятность использования выбранной формы и конструкции сооружения для определенного проекта, и спроецировать все это на компьютерной модели сооружения.

В последние годы, в связи с повышением стоимости энергоресурсов, большой интерес уделяется нестандартным восстанавливаемым источникам энергии.

Проанализируем основные источники энергоснабжения сооружения.

Использование энергии солнца:

- предусматривает использование солнечных коллекторов для накопления тепла, что позволяет сократить затраты на теплоснабжение здания;

- использование солнечного света как источника естественного освещения.

Использование энергии ветра:

- за счет обеспечения естественной вентиляции здания есть возможность снизить потребление электроэнергии;

- использование специальных установок для накапливания энергии от механического воздействия ветра на высоте позволит аккумулировать дополнительную тепловую энергию.

Использование энергии воды позволит снизить нагрузку на систему кондиционирования за счет использования низкотемпературных грунтовых вод.

Использование тепла земли позволит снизить затраты энергии на теплообеспечение и охлаждение здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Соловьев А. К.* «Пассивные дома» и энергетическая эффективность их отдельных элементов // ПГС. 2016. N 4
2. *Гусев Н. М.* Основы строительной физики. М.: Стройиздат, 1975. 440 с.
3. *Gubina E.* A Thermal Review of Double Skin Facades: Wein, 2021. 152 с.
4. *Oudama A.-Y., Szabo M.* Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 36.
5. *Соловьев А. К.* Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2014. 342 с.

Студент 2 курса 19 группы ИСА Гуличев С.Д.

Студент 2 курса 19 группы ИСА Савельев М.А.

Студент 2 курса 19 группы ИСА Долгов А.Д.

Студентка 2 курса 19 группы ИСА Пушко В.В.

Научный руководитель – доц. канд. тех. наук. доц. А.Н. Нестерова

ПОЧЕМУ ГАЗОБЕТОН ЯВЛЯЕТСЯ ХУДШИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Тема нашей статьи исходит из очень глобальной культуры - «Зелёное строительство». [0]

Зелёное строительство – это подход к разработке концепций зданий, при котором сам процесс возведения, проектирования и дальнейшей эксплуатации минимально воздействуют на окружающую среду, экопринципы **должны соблюдаться на всех этапах зданий (от разработки проекта до его демонтажа)**.

А теперь вернемся непосредственно к нашей теме: газобетон. Его основными компонентами являются кварцевый песок и цемент, в состав смеси могут входить гипс, известь, шлаки, зола и другие промышленные отходы. [1]

Для того, чтобы газобетон стал пористым, применяют в основном алюминиевую пудру или пасту, взаимодействуя с известью или щелочью, они выделяют водород, который и образует поры.

Теперь, когда мы знаем о составе газобетона, можем смело сказать, что он является не самым лучшим по экологическим параметрам с точки зрения зеленого строительства. [2] Но как говорится: «Критикуешь – предлагай!», поэтому дальнейший разбор характеристик газобетона будут приводится в сравнении с 2-мя распространёнными в России материалами, считающимися в Европе самыми экологичными: древесина и кирпич.

Для газобетона нужен жесткий фундамент, не допускающий изгибаний, тем более недопустимы подвижки фундамента. Благодаря относительной лёгкости газобетона, несущая способность фундамента может быть ниже, чем под кирпичную кладку, однако древесина является ещё более легкой. Газоблоки очень хрупкие по отношению к своим экологическим конкурентам, поэтому появление трещин в стене из-за неравномерно распределенной нагрузки, особенно при установке армпоясов и перемычек является очень распространённым. Поэтому под кладку из газобетона необходим дорогой ленточный железобетонный фундамент повышенной жесткости – только он может спасти положение и предотвратить появление трещин. Его конструкция и размеры,

задаются в проекте, но при подсчете расходов выходит, что фундамент для газобетона будет дороже, чем для кирпичного или деревянного дома.

Говоря о скорости строительства: деревянный дом построится быстрее всех, поскольку зачастую не нуждается во внешней отделке, материалу легко можно придавать нужную форму, конструктивные элементы легко крепятся. Дом из газобетона, в сравнении с кирпичным, строится быстрее. Блоки легкие и при этом крупные, хорошо пилятся, что даёт небольшой выигрыш в скорости при обыгрывании нестандартных размеров. Но газобетон довольно трудоёмок в возведении и требует привлечения хороших специалистов, поскольку из-за возникающих точечных напряжений может произойти разрушение стен. Также как кирпичные, газобетонные дома нуждаются во внешней отделке, поскольку без неё здание выглядит незавершенным, а самое главное не эстетичным. Отделка занимает время и стоит отдельных денег. [3]

Тепло - важная часть в любом доме. В нем должна быть стабильная температура для поддержания комфорта. И как бы не менялась температура на улице за ночь, сколько бы не открывалась дверь — в доме все стабильно. В домах из СИП-панелей эту функцию выполняет нагреваемая вентиляция. Газобетон слишком легкий и пористый, практически не накапливает тепла, чтобы сохранить тепло и комфорт в доме из такого материала понадобится множество дополнительных средств и времени. [4]

Так же важной частью любого дома является огнестойкость и биозащита. Ни с кирпичом, ни с газобетоном касательно этих воздействий никаких трудностей не возникает. Наиболее проблемным материалом в этом вопросе является древесина, но при больших сечениях [5], например, брус, древесина по показателям горючести не уступает другим материалам. Было множество прецедентов, когда дома из бруса сгорали только внутри, а несущая конструкция сохранялась. К тому же наука не стоит на месте, давно существуют различные способы пропитки и обработки древесины [6], во избежание этих негативных факторов, которые, в сущности, и являются причиной дороговизны деревянного строительства.

Поговорим о влагостойкости. Следует сказать, что без должной обработки и защиты негативному воздействию подвергнутся и кирпич, и дерево, и газобетон. Медленнее всех и наиболее безвредно разумеется — кирпич. А вот на древесине влага скажется болезненнее всего, из-за её гигроскопичности. Газобетон не сильно лучше древесины противостоит воздействию влаги и очень легко разрушается под её воздействием. Эффект усугубляется замораживанием, то есть резким похолоданием после оттепели и по кругу, что весьма характерно для территории РФ.

На основе всего вышесказанного, можно сказать, что газобетон уступает другим строителям материала не только в плане экологичности, но и в сопутствующих расходах. Конечно, каждый человек сам волен решать, из чего ему строить дом. К тому же, газобетон как отдельные блоки является самым дешевым по средней цене за блок, в отличие от древесины и кирпича. Тем не менее, важно знать, какой вред наши действия могут принести окружающему миру и задуматься о внедрении принципов экологичности в свою жизнь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Натарова А.Ю.*, Применение принципов «Зеленого строительства» для обеспечения экологической безопасности строительства. Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная. 2015. С. 219-226.
2. *Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С.*, Производство автоклавного газобетона в России // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015 №5-6. С.44-46.36.
3. *Жиронкин П.В., Геращенко В.Н., Гринфельд Г.И.*, История и перспективы промышленности керамических строительных материалов в России., Строительные материалы. 2012. № 5. С. 13-18
4. *Гринфельд Г.И., Вишневский А.А.*, Кирпич и камни с высокой пустотностью в облицовочной кладке наружных стен // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 11. С. 22-36.
5. *Гринфельд Г.И., Коркина Е.В., Пастушков П.П., Павленко Н.В., Ерофеева И.В.*, Система ограждающих конструкций, обеспечивающая повышенное энергосбережение в зданиях // Научный журнал строительства и архитектуры (ВГАСУ). 2016. №3 (43) С. 25-35.
6. *Никифоров Е.П.*, Клееная древесина: технология изготовления, свойства, преимущества и недостатки, области применения. // *Современные научные исследования и инновации.* 2019 № 7.
7. *Трифоновна О.Н.*, Химическая модификация древесины с целью снижения её горючести., Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 1. С. 23-25.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ЛСТК ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ СО СМЕШАННЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ

Актуальность применения ЛСТК связана с тем, что они обеспечивают отличное качество при низких затратах и, вместе с тем, обладают минимальным количеством минусов и колоссальным количеством плюсов, которые рассмотрены в данной статье.

Проверочные расчеты конструкций перекрытия

Для расчета были приняты следующие нагрузки:

- нормативная нагрузка на 1 кв.м. перекрытия составляет $q_n = 416,5$ кг.

- расчетная нагрузка на 1 кв.м. перекрытия составляет $q_p = 535,3$ кг.

Проектируемая балка

Для обеспечения единых граничных условий, при расчете конструкций принимаем шаг балок – 600мм, пролет балок – 4400мм;

Рассмотрим двутавровую балку 16Б1. Вес 1 метра балки равен 12,7 кг, момент инерции $I=689$ см⁴, момент сопротивления $W=87,8$ см³.

Суммарная нормативная нагрузка:

$$\sum q^n = 416,5 * 0,6 + 12,7 = 262,6 \text{ кгс/м}$$

Суммарная расчетная нагрузка:

$$\sum q^p = 535,3 * 0,6 + 12,7 = 333,88 \text{ кгс/м}$$

Расчет балки по первому предельному состоянию

$$M = \frac{q^p L^2}{8} = \frac{3,33 \times 440^2}{8} = 80586 \text{ кг} \times \text{см} = 0,80 \text{ т} \times \text{м}$$

Момент сопротивления:

$$W^{тр} = \frac{M}{R} = \frac{80586}{2400} = 33,58 \text{ см}^3$$

$$W^{mp} < W_{действ.} 33,58 \text{ см}^3 < 87,8 \text{ см}^3$$

(УСЛОВИЕ УДОВЛЕТВОРЯЕТСЯ)

2. Расчет балки по второму предельному состоянию

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q^H \times l^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{2,62 \times 440^4}{2,06 \times 10^6 \times 689} = 0,9 \text{ см} < 2,2 \text{ см} \left(\frac{1}{200} \right)$$

(УСЛОВИЕ УДОВЛЕТВОРЯЕТСЯ)

Рассмотрим профиль направляющий, АИПН 200-50-2,0 по ТУ 1108 - 004 - 97437519 – 2012

Профиль АИПН 200-45-2 при шаге 600 мм и пролете 4400 мм выдерживает нагрузку в 570 кг (расчетная в нашем случае после сбора нагрузок = 535,3 кг) и максимально допустимый прогиб 2,44 см, что удовлетворяет нашим условиям.

ВЫВОД:

Таким образом, при шаге 600 мм Двутавр № 16Б1 по ГОСТ 26020-83 удовлетворяет условиям двух предельных состояний, как и профиль АИПН 200-45-2. Но дело в том, что их масса на 1 м.п. кардинально отличается. Двутавр 16Б1 весит 12,7 кг, а профиль ЛСТК АИПН 200-45-2,0 4,66 кг.

ПЛЮСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛСТК

1. ЛСТК профиль имеет незначительный собственный вес. Это позволяет уменьшить нагрузку на существующие несущие конструкции здания, а также можно осуществлять подъем ЛСТК профилей без использования кранового оборудования на верхние этажи зданий.

2. Также стоит отметить простоту, скорость и удобство монтажа. Все это позволяет уменьшить срок монтажных работ в 1,5-2 раза.

3. Высокие прочностные характеристики.

4. Экологичность.

5. Низкая стоимость и заводское качество

6. Всесезонный монтаж

7. Длительный срок службы. Заявленный срок службы здания составляет 70-120 лет.

МИНУСЫ ТЕХНОЛОГИИ:

1. Высокий уровень пожарной опасности. Стальные профили под воздействием высоких температур начинают деформироваться, терять жесткость и прогибаются под вышестоящей нагрузкой, но проектирование учитывает все эти недостатки.

2. ЛСТК без утепления и звукоизоляции отличается гулкостью и хорошей слышимостью.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

1. Для увеличения диапазона применения данных профилей - необходимо проработать вопросы по увеличению огнестойкости конструкций, с разработкой типовых решений, для перекрытий, применяемых в зданиях с I и II степеней огнестойкости ;

2. Для определения оптимальной геометрии профилей и состава слоев междуэтажных перекрытий, требуется проведение дополнительных исследований, проверочных расчетов, натурных и лабораторных экспериментов;

Подводя итог, можно смело сказать, что применение профилей ЛСТК является перспективным направлением, т.к. оно является наиболее выгодным и технологически целесообразным способом реконструкции зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ООО «Арсенал СТ». Альбом технических решений. Технология строительства на основе лёгких стальных тонкостенных конструкций. 2018. , С.108
2. *Туснина В.М.* Перспективы строительства доступного и комфортного жилья на основе стальных каркасов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №6. С.43-46 [https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D23650346]
3. *Жмарин Е.Н.* Международная ассоциация легкого стального строительства // Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений», 2012, №2 , С.27-30;
4. [https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D17932595]
5. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. п.5.4.3 С.18;
6. *Безбородов Е.Л.* Устройство антресольных перекрытий в жилых комплексах, с использованием технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) // Инновации и инвестиции . 2021. №2. С.198-201

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «МЕДИАФАСАД» В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ В УСЛОВИЯХ АЗРФ

Аннотация. Рассматривается влияние системы медиафасад на теплотехнические характеристики конструкции в условиях арктической зоны. Приведена классификация решений медиафасадов. Выявлена перспектива исследования данной темы в дальнейшем.

Цель. Целью работы является оценка возможностей применения системы медиафасад в условиях арктической зоны РФ.

Архитектурное проектирование в условиях крайнего севера во многом нацелено на улучшение качества жизни горожан, поддержку их психологического комфорта и привлечение в города новых специалистов, поэтому есть необходимость детально прорабатывать светоцветовые решения. Важно поддерживать интенсивность общественной жизни, находя компромисс между проблемой низкой инсоляции и трудоемкостью, и дороговизной разработки новых концепций в связи с суровыми климатическими условиями. Одно из предлагаемых решений – применение системы медиафасад. В числе преимуществ данной технологии: возможность регулирования яркости, насыщенности, цвета изображения. Использование медиафасадов актуально для усовершенствования внешнего облика города, пространственного объединения различных архитектурных форм, увеличения интереса жителей и туристов к объектам. Медиафасад – это большой экран из светодиодов, который располагают на внешних ограждающих конструкциях строений. На данный момент существует 4 вида медиафасадов: модульный, реечный, сеточный и кластерный.

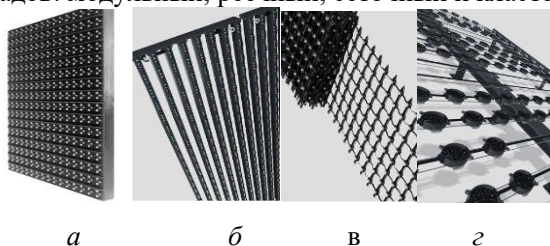


Рис. 1 Медиафасады

а) Модульный, б) Реечный, в) Сеточный, г) Кластерный

Модульный (кабинетный) тип состоит из отдельных прямоугольных экранов, автономных модулей, которые скрепляются между собой металлическими замками. С помощью программы все модули

объединяются в единый экран и показывают целостное изображение. Такой вид фасада отличается хорошим качеством видео, но возможности его использования ограничены большим весом конструкции (от 18кг/м²). Поэтому применять его можно на стенах железобетонных зданий с большим запасом прочности, либо с использованием специальных ферм.

Конструкция реечного медиафасада: каркас из горизонтальных профилей, на которых закреплены светодиоды. Данный вид легче предыдущего (до 15 кг/м²), и имеет высокую светопропускную способность (до 80%), а также высокую стоимость, поэтому использование данного вида нерентабельно в условиях арктической зоны, в которой отсутствуют большие объемы светопрозрачных конструкций.

Медиафасад-сетка – простая, легкая, гибкая конструкция, которую можно использовать для покрытия любых архитектурных форм. Этот вид не требует дополнительных конструкций и прост в монтаже, и имеет более низкую стоимость по сравнению с вышеупомянутыми.

Кластерные медиафасады — кластеры, закрепленные на тросах, которые монтируют на выбранной поверхности. Кластер представляет собой герметичный элемент, внутри которого располагаются светодиоды. Они применяются в проектах огромных зданий. Но обладают таким недостатком как большой пиксельный шаг, что существенно влияет на качество изображения. Малоэффективны для севера из-за высокой цены.

Производители заявляют диапазон использования в пределах от -40 до +60 °С, но данная технология еще не зарекомендовала себя для использования в арктической зоне в полном масштабе, поэтому вопрос влияния низких температур на конструкцию можно считать открытым.

В рамках исследования был проведен сравнительный анализ теплотехнического расчёта ограждающей стены здания в г. Мурманск с применением модульного медиафасада и без него. Результат представлен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Трехслойная стена	Трехслойная стена и медиафасад
Сопrotивление теплопередаче R_0^{np} [м ² ·°C/Вт]	3.72	3.72

Влияние медиафасада, согласно расчету, отсутствует.

Получить более точные данные можно, проведя натурный эксперимент с использованием климатических установок и тепловизоров. Такое исследование необходимо, чтобы уточнить работу светодиодов, блока питания и других частей фасада, а так же проанализировать, какое влияние оказывают нагревающиеся приборы на конструктивные элементы здания, изменится ли точка росы и другие характеристики. Возможно, именно технология медиафасад получит широкое распространение в ближайшем будущем в целях создания благоприятной атмосферы для жителей северных широт нашей страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Котлярова Е.В., Медына В.С.* Конструктивные особенности применения медиафасадов при проектировании и строительстве общественных зданий // Научное обеспечение технического и технологического прогресса – 2018 С. 59-61
2. *Прохоров Н.С.* Свойства электронных технологий и современных материалов как художественная составляющая дизайна архитектурной среды // Российско-китайский научный журнал «Содружество» – 2016 С. 10-13
3. *Васильев А.В.* Арктика: Новый вектор развития // Арктика. Экология и экономика – 2011
4. *Иванов И.Ю., Федюк Р.С., Тимохин Р.А.* Особенности строительства в арктических условиях // Материалы XIX конференции г. Нерюнгри 2018 С. 35-39
5. *Андрющенко Н. А.* Автоматизация и оптимизация работы в комплексе "Autodesk Revit" //Иновационная наука. – 2019. – №. 3.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ДОМА С ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ НА ОСНОВЕ ПРОФИЛЕЙ ЛСТК

Последние несколько лет важным аспектом развития жилищного строительства на территории России является строительство быстровозводимого, комфортного, экологичного и энергоэффективного жилья. Одним из решений данного вопроса при строительстве зданий является применение легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК).

Однако остаются и многочисленные технические «пробелы» в исследовании, несмотря на развитие и внедрение элементов ЛСТК в несущие и ограждающие конструкции зданий.

Технические характеристики элементов легких стальных конструкций, отражающие прочность, несущую способность и жесткость профилей, различных сечений, размеров и форм, широко изучены и описаны в научных работах [3], [2]. Но задачи, связанные с теплотехническими характеристиками профилей мало изучены, хотя отдельные аспекты освещались в ряде работ зарубежных и отечественных специалистов [2], [3], [4], [7], [8], [9].

Вследствие лабораторных и натурных исследований, а также с помощью моделирования теплофизических процессов была выявлена взаимосвязь теплотехнических характеристик «термопрофилей» с видом и геометрией их перфорации. Один из экспериментов приведен в статье [1].

При проведении эксперимента были выбраны граничные условия:

- температура внутреннего воздуха +20 С°;
- температура наружного воздуха -25 С°.

В каждом из альбомов технических решений (АТР) [6], отобранных производителей профилей имелись аналоги, с незначительными изменениями, поэтому для сопоставления была выбрана единая конструкция наружной стены. (Рис.1)

Результаты эксперимента:

По результатам проведенного исследования, представленным в статье [1], заметна зависимость между геометрическими характеристиками «термопрофиля» и теплотехническими характеристиками.

Одним из главных параметров, влияющих на теплотехнические свойства профиля, является количество элементов перфорации по

линии сечения (профиль с восемью перфорациями показал наилучшие «результаты»).

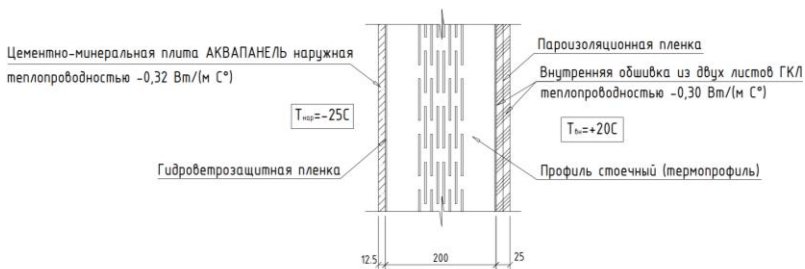


Рис. 1. Состав наружной стены с каркасом из термопрофилей.

А снижение теплопроводности вызвал «разнос» двух групп перфорации к краям профиля, относительно оси симметрии.

При увеличении длины элемента перфорации наблюдается незначительное увеличение теплотехнических характеристик.

Другие факторы не оказывают заметного влияния на свойства «термопрофилей».

При рассмотрении ограждающих конструкций, с точки зрения теплотехнических характеристик, можно отметить наличие большого количества «мостиков холода» - горизонтально и вертикально расположенных перфорированных профилей. Несмотря на то, что перфорация с определенной формой отверстий и со смещенным шагом допускает увеличение пути прохождения тепла в три раза [8], на внутренней поверхности стен возникают переохлажденные области, а на наружной поверхности – области с повышенной температурой. Данные области заметно распознаются в местах пересечения горизонтальных и вертикальных профилей. Данный вопрос недостаточно изучен, но отдельные аспекты освещались во множестве работ зарубежных и отечественных специалистов [2], [3], [4], [7], [8], [9]. Стоит обратить внимание и на участки примыкания стенового ограждения к чердачному и цокольному перекрытию. В данных областях отмечены зоны с наибольшими перепадами температуры.

Применение ЛСТК в строительстве энергоэффективного жилья является перспективным направлением, но для повышения качества проектирования ограждающих конструкций и их дальнейшей

безопасной и эффективной эксплуатации, необходимо дополнительное изучение и всестороннее исследование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Безбородов Е.Л.* Влияние перфорации на теплотехнические характеристики «термопрофилей» легких стальных тонкостенных конструкций // *Инновации и инвестиции*. 2019. №2. С.191-194;
2. *Туснина В.М.* Перспективы строительства доступного и комфортного жилья на основе стальных каркасов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. №6. С.43-46;
3. *Плотников А.А.* Температурный режим наружной стены с каркасом из легких стальных тонкостенных конструкций в виде термопрофиля//*Промышленное и гражданское строительство*. 2016. №9. С.35-39;
4. *Корнилов Т.А., Герасимов Г.Н.* О некоторых ошибках проектирования и строительства малоэтажных домов из легких стальных тонкостенных конструкций в условиях Крайнего Севера// *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. №3. С.41-45;
5. Наружные стены с каркасом из термопрофилей СТАЛДОМ с наружной обшивкой из цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ Наружная» для малоэтажных зданий различного назначения. КС 10.03/2008, С.38;
6. Альбом технических решений стеновых панелей «ИНСИ» ТР СПИ 03-2009-02, С6
7. *Кузьменко Д.В., Ватин Н.И.* Ограждающая конструкция «нулевой толщины»- теплопанель // *Инженерно-строительный журнал*. 2008. №1. С.13-21
8. European lightweight steel-framed construction [Европейские легкие стальные тонкостенные конструкции]. Printed by Victor Buck, Luxemburg, 2005. 89p.
9. *Лещенко М.В., Семко В.А.* Теплотехнические свойства стеновых ограждающих конструкций из стальных тонкостенных профилей и полистиролбетона//*Инженерно-строительный журнал*. 2015. №8. С.44-52

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ «CUUBER»

Аннотация: В мире все больше и больше набирают популярность фасады из кирпича. Кирпичная кладка обладает множеством преимуществ и придает зданиям эффектный вид. Большой выбор цветовой палитры и фактуры кирпича придает здания стильный и уникальный вид. Кроме того, кирпич обладает и другими не менее важными особенностями, такие как стойкостью к разрушительному воздействию окружающей среды, долговечностью и т.д.

В современном многоэтажном строительстве здания возводят, как правило, из железобетона. Для того чтобы придать зданию эстетический вид, инженерам приходится разрабатывать новые инновационные технологии крепления кирпичной кладки к зданию.

Одно из такой технологий является система “Cuuber C-300(400)”.

Cuuber C-300(400) предназначена для создания опорной конструкции для лицевого слоя кирпичной кладки многослойных наружных стен. Система является, как опорной конструкцией, так и несъемной опалубкой торцов плит перекрытия схема, которой представлена на рис. 1.

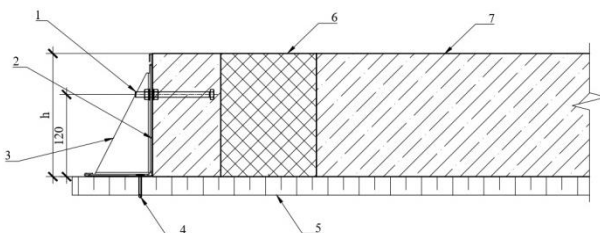


Рис. 1. Система “Cuuber C-300(400)”:

- 1) закладная деталь, 2) балка C-300, 3) ребро жесткости, 4) саморез, 5) опалубка, 6) термовкладыш, 7) ж/б плита перекрытия

Элементы конструкции Cuuber C-300(400) заводского изготовления, имеют модульные размеры. Они легко собираются и стыкуются между собой. Монтаж балки не представляет особой сложности, достаточно иметь геодезическую разбивку контура ж/б конструкции. Элементы устанавливаются вдоль контура, начиная с угловых элементов, и закрепляются саморезами. Закладные анкерные стержни

устанавливаются в опорно-опалубочный профиль в готовые отверстия соосно укосинам. Далее, процесс армирования конструкций и укладки бетонной смеси.

Данная балка проста в монтаже, а это очень важно для строителей работающих на объекте. Уменьшается вероятность на ошибку, и дальнейшее ее исправление.

Балка С-300(400) устанавливается на каждый этаж и несет нагрузку с одного этажа. На балку опирается кладка с максимальным свесом лицевого кирпича 10 мм.

Система “Cuuber С-300(400)” очень проста и уникальна, а самое главное она не уступает по стоимости другим системам, [1].

Если архитекторы хотят, чтобы их здание выглядело еще более необычное и эстетичнее, то применяется система “Cuuber СТ-Р” которая представлена на рис.2. Эта система дает еще больше свободы оформлению фасадов. Возможность комбинировать кладку с навесными панелями, разнообразное оформление перемычек и откосов.

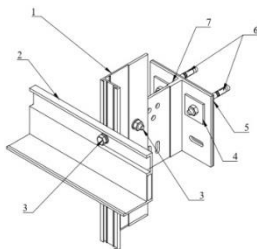


Рис.2. Система “Cuuber СТ-Р”:

- 1) вертикальная направляющая, 2) горизонтальная направляющая,
- 3) болтовое соединение, 4) усиливающая шайба, 5) термоизоляционная прокладка, 6) анкерный болт, 7) несущий кронштейн

Основными элементами системы являются вертикальная направляющая, горизонтальная направляющая и несущий кронштейн. Элементы выполнены с минимальным использованием стали, но при этом обеспечивают должную прочность конструкции.

Несущий кронштейн выполнен в виде тавра с круглыми и овальными отверстиями для крепления вертикальной направляющей. Круглые отверстия служат для жесткого защемления стойки снизу и передачи нагрузки на анкера, а овальные отверстия служат для крепления стойки

сверху. Так как вертикальная направляющая является стойкой, то вес всей конструкции и лицевого материала передается на нижний несущий кронштейн. Овальные отверстия помогают сохранить целостность металлоконструкции при температурных деформациях.

Одной из особенностей системы “Cuuber СТ-Р” является крепление кирпичной кладки. Она крепится через закладную деталь, к вертикальной направляющей через плавающее соединение, которая представлена на рис 3, [3]. Кирпичная кладка и металлы имеют разные температурные коэффициенты расширения, что при жестком их закреплении может спровоцировать трещину в облицовочном материале. Это соединение позволит избежать трещин в кладке.

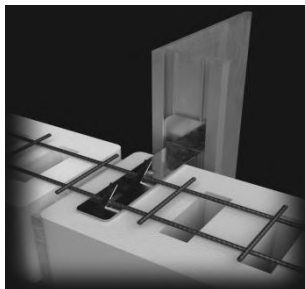


Рис.3. Крепление кладки через закладную деталь

Выводы: Использование многофункциональных систем “Cuuber” является конструктивно универсальным, что позволяет работать с фасадами разных форм: использовать плавные линии и работать с многочисленными нестандартными дизайнерскими решениями. Кроме того, они существенно повышают энергоэффективность наружной стены, так как вентилируемый фасад сохраняет тепло зимой и прохладу летом. Это позволяет значительно сократить расходы на отопление и проветривание здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система “Cuuber С-300(400)” для облицовки фасадов кирпичной кладкой. Стальные конструкции “Cuuber”. Альбом технических решений АТР С-300(400), Москва, 2020, 60 с.
2. СП 327.1325800.2017 Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта.
3. Система “Cuuber СТ-Р” для облицовки кирпичной кладкой. Стальные конструкции “Cuuber”. Альбом технических решений АТР СТ-Р, Москва, 2020, 100 с.
4. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3).
6. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2).

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОГРАММЕ РЕНОВАЦИИ В Г. МОСКВЕ

Формирование комфортной и безопасной среды для жизни – одна из национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года [1]. Реализация Программы реновации жилищного фонда в г. Москве при строительстве многоквартирных домов для переселения граждан тесно связана с этой целью и направлена на обеспечение выполнения необходимых мероприятий по созданию комфортной среды проживания, благоустройство территорий, повышение пешеходной доступности необходимых для обеспечения жизнедеятельности объектов, снижение нагрузки на транспортную инфраструктуру, уменьшение перепробега автотранспорта, строительство энергоэффективных домов, снижение затрат на их эксплуатацию, улучшение экологической обстановки [2].

Среда жизнедеятельности человека – это определяющая условия его проживания совокупность окружающих его объектов, явлений и факторов. В других странах решение находится в концепции устойчивого развития ООН [3] и обеспечивается политическими, экономическими, социальными и техническими механизмами, а также высокими стандартами проживания и экологичностью [4].

«Зеленая» среда жизнедеятельности - устойчивая искусственная среда жизнедеятельности, обладающая качествами безопасности и комфортности, благоприятная для отдельного человека и сообщества людей, созданная на базе «зеленых» технологий с использованием «зеленой» инновационной продукции. При этом в основу этого определения закладывается утверждение, что одной из главных составляющих в процессах формирования среды жизнедеятельности является строительная деятельность [5].

Так как основная цель реновации в г. Москве – улучшение жилищных условий и создание пространства для комфортного проживания, отдыха и работы, применение «зеленых» стандартов [6] вписывается в программу реновации, а в последствии такой опыт, полученный в ходе её реализации, может быть применён и в других городах России.

Для решения поставленных задач в международной практике используются десятки систем добровольной сертификации [7]. Разработанный в МГСУ ТК 366 базируется на стандарте BREEAM,

который разделяет параметры проектирования комфортной среды жизнедеятельности по следующим категориям:

- управление. Данная категория объединяет методы управления проектами, поощряющие внедрение мер по обеспечению устойчивости с начала проектирования до эксплуатации включительно. Следует обратить внимание, что только комплексная оценка может дать правильную привязку стандартов к особенностям страны;

- здоровье и благополучие. Параметры этой категории направлены на повышение качества жизни и создание здоровой и безопасной среды жизнедеятельности для будущих жильцов;

- энергия. Данная категория отвечает за энергоэффективность здания;

- транспорт. Поощряет решения, обеспечивающие доступность транспортных возможностей и сокращение поездок на автомобиле, а как следствие и сокращение выбросов CO₂;

- вода. Способствует устойчивому водопользованию;

- используемые материалы. Поддерживает меры, способствующие снижению экологического воздействия строительных материалов;

- отходы. Поощряет меры по сокращению потоков будущих отходов;

- землепользование. Категория направлена на защиту мест проживания, а в долгосрочной перспективе на улучшение биоразнообразия прилегающей к зданию территории;

- загрязнение окружающей среды. В этой категории рассматриваются меры по предотвращению воздействия зданий на окружающую среду, возникающие в результате светового загрязнения, шума и вредных выбросов в воздух, почву и воду;

- инновации. Категория, поощряющая использование новых технологий в строительстве.

Таким образом, с целью контроля обеспечения выполнения необходимых мероприятий по созданию комфортной среды жизнедеятельности по программе реновации в г. Москве, параметры проектирования следует разделить на 10 вышеуказанных категорий.

В результате продолжительной работы сотрудниками НИУ МГСУ разработаны первые национальные «Зеленые стандарты», утвержденные Приказами Росстандарта 15 января 2019 года [8]:

- «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности и «зеленая» инновационная продукция. Термины и определения»;

- «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Классификация»;

- «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Критерии отнесения»;

- «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям зеленых стандартов. Общие положения».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. [Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» от 21.07.2020 г. № 474 // <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>](#)
2. Постановление Правительства Москвы «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве» от 01.08.2017 г. № 497-ПП // <http://www.mos.ru/authority/documents/doc/36739220/>
3. Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года // <http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents>
4. *Близнюк О.В.* Внедрение «зеленых» стандартов строительства в целях реализации национальных интересов // Экономика строительства. 2012. №2(14). С. 29-36.
5. *Теличенко В.И.* «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты // Научно-технический журнал по строительству и архитектуре Вестник МГСУ. 2017 г. №Том 12 выпуск 4. С. 364-372.
6. *Теличенко В.И., Бенуж А.А.* Состояние и развитие системы технического регулирования в области зелёных технологий // Academia. Архитектура и строительство. 2016. №1. С. 118-121.
7. *Reed R., Bilos A., Wilkinson S., Schulte-Werner K.* International comparison of sustainable rating tools // Journal of sustainable real estate. 2009. Vol. 1. № 1. p. 1—22.
8. *Теличенко В.И., Бенуж А.А., Морозов Д.Н.* Создание национальной системы "зеленых" стандартов в РФ // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2019. №3-4 (242-243). С. 10-11.

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Мировой строительный рынок к 2025 году вырастет до 70%. Рост показателей мирового рынка зависит от инвестиций, вкладываемых на разработку и исследовательскую деятельность строительного сектора. Российские строительные компании осуществляют малый вклад в развитие отрасли. Они нацелены на заимствование усовершенствованных технологий и методов строительства европейских и североамериканских стран, с учетом экономической целесообразности и отсутствия нормативной базы, способствующей развитию [1].

После окончания Великой Отечественной войны в СССР широкое распространение получило строительство крупнопанельных и объемноблочных домов из бетона, которые характеризовались высокой скоростью возведения, дешевизной и массовостью [2]. Сборное железобетонное домостроение позволяло обеспечить базовые требования к безопасности и комфорту. Сегодня стремятся улучшить качество жилищных условий и обеспечить экологичность возведения зданий. Вследствие этого, уделяют большое внимание разработке новых технологий.

Во всех странах мира монолитное строительство является наиболее развитой отраслью. Но ее показатели воздействия на окружающую среду не дают утешительных прогнозов: при производстве бетона и возведении зданий из него значение углеродного следа в атмосфере составляет 20% от общих выбросов вредных газов [3]. Поэтому в зарубежных странах особое внимание стали уделять дереву, как к экологичному и восполняемому материалу.

С 2009 года в странах Европы и Северной Америки древесину начали использовать в качестве основного конструктивного материала в конструкциях многоэтажных жилых и общественных зданий. Конструктивными материалами выступают LVL – брус и CLT- панели, которые могут изготавливать из низкосортных пород леса и отходов лесопильного производства [4]. Здания возводят, словно конструктор LEGO, что сокращает срок строительного процесса и минимизирует количество строительного мусора. Кроме того, использование LVL – бруса и CLT- панелей, обладающих малым весом, позволяет сократить расходы на логистику и фундамент, отказаться от дополнительной

отделки, повысить энергосберегающие показатели (потребление 65 кВт/м² в год, панельные – 170 кВт/м²), поддерживать комфортный микроклимат, снизить выбросы углекислого газа в атмосферу [5].

Большое количество проектировщиков уже внесло свой вклад в развитие проектирования многоэтажных зданий из дерева. На основе их проектов возвели многоэтажные деревянные дома во многих странах мира. Наиболее известные проекты: Лондонский Stadthaus высотой 30 метров; 14-этажный дом “Treet”, Норвегия, Берген; башня “Мьёс” высотой 84,5 метра, Норвегия, Брумундал. Канадский архитектор Майкл Грин вместе со своей командой разработчиков представили универсальную конструктивную схему для возведения многоэтажных деревянных зданий этажностью до 30 этажей [6].

Разработано 4 варианта конструктивных схем, ориентированных на разную высоту.

Вариант №1 предназначен для строительства деревянных домов высотой до 12 этажей. Из клееной древесины создают центральное вертикальное коммуникационное ядро, несущий каркас состоит из колонн расположенных по периметру. Такая конструктивная схема обеспечивает гибкость планировочного решения возможностью свободного размещения внутренних перегородок.

Варианты № 2 и №3 разработаны для зданий высотой до 20 этажей. Их отличие заключается в том, что вариант №2 дополнительно к варианту №1 оснащен внутренними несущими деревянными конструкциями, а вариант №3 – наружными.

Вариант №4 предусмотрен для зданий высотой до 30 этажей и совмещает в себе варианты №2 и №3, то есть здание имеет дополнительные внутренние и внешние несущие конструкции.

Панели, из которых состоят несущие стены, соединены обвязочными балками из пластичной стали, что обеспечивает зданию необходимую гибкость для сейсмостойкости. Кроме того, панели дополнительно звукоизолируют квартиры, в которых они применены в качестве несущих конструкций.

В октябре 2020 года Минстрой РФ заявил, что разрабатывает новые нормативные документы, способствующие развитию отрасли в России многоэтажного деревянного домостроения. Будут введены новые своды правил по пожарной безопасности и строительству деревянного жилья. [7].

Выводы. Деревянное многоэтажное строительство имеет большой потенциал. В Российской Федерации развитию строительства уделяют мало внимания. Опираясь на опыт соседних государств, в России наметилась тенденция на снятие нормативных преград, посредством разработки базы для проектировщиков. Минпромторгом РФ в 2018 году

была разработана стратегия, направленная на повышение “долгосрочной конкурентоспособности лесной промышленности, увеличение вклада лесного комплекса в социально-экономическое развитие страны, эффективное использование, охрану, защиту и воспроизводство лесов за счёт достижения устойчивого лесоправления”[8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года// Минстрой России/ 2018.
2. Технология строительных процессов «Монолитное домостроение» История развития монолитного строительства [Электронный ресурс] //URL:<https://perekos.net/pages/view/1285>.
3. *Galina Churkina* Buildings as a global carbon sink [Текст]// журнал Nature Sustainability Германия 2020. С. 269–276.
4. *Шатинова Ксения* «Высотки из дерева» [Электронный ресурс]//URL:<https://zen.yandex.ru/media/id/5a5c7107830905c280ca4d92/vysotki-iz-dereva-5fbeca200b4af8014975f7d2/> (дата обращения 15.02.2021).
5. *Михалева С.А.* «Деревянные высотки в России – инновационный взгляд на современное строительство» [Текст]// Международный научно-исследовательский журнал Выпуск: № 4 (46) Часть 7/ Екатеринбург, Россия 2016. С. 19-21.
6. *Некоз Д.А., Леонова А.Н.* «Многоэтажные дома из древесины» [Текст]//Кубанский государственный технологический университет г. Краснодар, Россия 2018. С. 853-855.
7. Минстрой готовит нормативные акты, которые позволят строить в России многоэтажные дома из дерева [Электронный ресурс]// URL:https://finance.rambler.ru/realty/44999185/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения 20.02.2021).
8. Документ Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года// Минпромторг России/ 2019.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА ИЗ-ЗА СТЕКЛА, АКРИЛА И ПОЛИКАРБОНАТА

В настоящее время используются два основных типа пассивных средств для снижения потерь звука (STL) - это технология многослойного стекла и двойное остекление [1].

Передача звуковой энергии в воздухе через один разделительный элемент зависит от нескольких переменных, таких как частота звука, падающего на элемент, физические свойства панели и собственные формы колебаний элемента [2]. Передача звука для данного материала регулируется различными механизмами в разных частотных диапазонах. Диапазон I - это секция управления жесткостью и демпфированием, диапазон II - секция контроля массы, а диапазон III. - сечение эффекта совпадения [3].

Целью данного исследования является сравнение звукоизоляции стекла, акрила и поликарбоната.

Экспериментальная установка:

Эксперименты по потерям передачи проводились в помещении, состоящем из двух комнат. Передающая комната - это комната реверберации, а приемная - полубезэховая комната. Объем реверберационной комнаты составляет 171 м³ с коэффициентом звукопоглощения 0,06 или менее от 250 Гц и выше. Помещение служит источником случайного коэффициента звукопоглощения, оценки звуковой мощности оборудования и потерь при передаче звука. Объем полубезэховой комнаты составляет 121 м³ с звукопоглощением 0,9 или лучше от 125 Гц и выше. В качестве застекленных панелей используется стекло, акрил и поликарбонат толщиной 4 мм. Панели были смонтированы в деревянном каркасе.

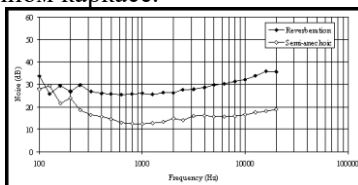


Рис. 1. Фонový шум для реверберации и безэховой камеры

Результаты эксперимента с одинарными остекленными панелями показаны на рисунке 4. На рисунке показаны потери пропускания для стеклянных, акриловых и поликарбонатных панелей. Можно заметить, что потери передачи звука трех панелей увеличиваются с частотой до 1000 Гц, а затем уменьшаются независимо от типа панели.

Первая резонансная частота (f_1) определяется выражением [3]:

$$f_1 = \frac{Bh}{2\pi fb} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \quad (1)$$

где h , a , b , ρ , ν , E - толщина, длина, ширина, плотность, коэффициент Пуассона и модуль упругости образца соответственно, а $B = 10,4$.

Из Таблицы 1 все первые резонансные частоты образцов ниже 100 Гц, поэтому на Рисунке 4 нет секции контроля жесткости. По мере увеличения частоты кривая потерь передачи входит в область, где потери передачи регулируются различными резонансными частоты стены. Потери передачи в этой области ограничены демпфированием стены. На частотах выше резонансных частот потери при передаче контролируются массой стенки [3]. В этой области потери передачи определяются Законом масс следующим образом:

$$TL = 20 \log (m \cdot f) - 47 \quad (2)$$

где f = частота, m = поверхностная плотность (кг / м²).

В этом разделе потери при передаче звука возрастают по прямой при увеличении частоты, а теоретический коэффициент наклона составляет 6 дБ / октаву. Наклоны, полученные экспериментально для стекла, акрила и поликарбоната, составляют 4, 4,2 и 4 дБ / октаву соответственно, что логично, поскольку фактическое увеличение меньше, чем предсказывается Законом масс [4].

Выше области с контролируемой массой находится область с контролируемым совпадением. Эффект совпадения возникает из-за того, что для всех частот выше критической частоты f_c существует определенный угол падения, при котором плоская волна может возбуждать стенку, так что звуковая волна будет проходить через нее с уменьшенными потерями. Это возможно за счет того, что выше критической частоты длина волны изгиба в стене может стать равной проекции длины волны в воздухе на стену. Эффект совпадения обычно проявляется провалом изоляции. Из рисунка 4 видно, что провал для акрила и поликарбоната происходит на частоте около 3000 Гц.

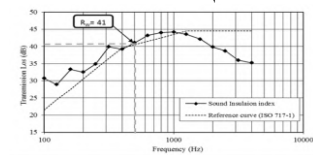
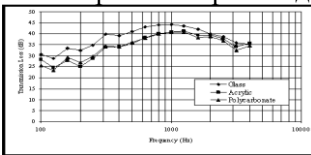


Рис. 2. Потери при передаче

Рис. 3. ISO 717/1 Потери при

звука (дБ) для акрилового
стекла передаче звука (дБ) для
стекла и поликарбоната

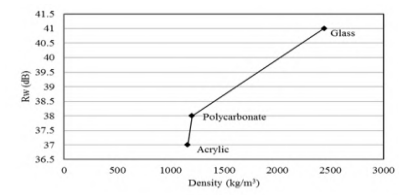


Рис. 4. Взвешенные потери при передаче звука (дБ) в зависимости от плотности для стеклопластика и поликарбоната

материал	плотность (кг / м ³)	модуль упругости (ГПА)	коэффициент пуассона	f1 (Гц)	толщина (мм)
стекло	2440	72,00	0,22	49,8 5	4
акрил	1160	2,65	0,41	14,8 3	4
поликарбонат	1200	2,20	0,37	13,0 5	4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Naticchia, V. & Carbonari, A.* 2007. Техничко-экономический анализ активной технологии для улучшения акустического комфорта в зданиях. Строительство и окружающая среда. 42: 2785–2796.
2. *Naticchia, V. & Carbonari, A.* 2007. Техничко-экономический анализ активной технологии для улучшения акустического комфорта в зданиях. Строительство и окружающая среда. 42: 2785–2796.
3. *Квирт, Дж. Д.* 1982. Передача звука через окна I. Журнал Акустического общества Америки. 72 (3): 834–844.
4. *Ирвин, Д. Д. и Граф, Э. Р.* 1979. Промышленный контроль шума и вибрации. Прентис-Холл, Нью-Джерси.
5. *Стецкий С.В., Герасимов А.И.* “Шумозащитные мероприятия при устройстве наружной стационарной солнцезащиты”. КИМ, 3008, N.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В ЗДАНИЯХ ВОЗВЕДЕННЫХ В ПЕРИОД 1870- 1940г.г.

В дореволюционный период прогоны делали из круглого леса, а в 30-40 года XX века из деревянного бруса прямоугольного сечения. Средний шаг между деревянными балками составлял 1,1м, но допускалось увеличение и уменьшение расстояния для установки вентиляционных каналов и дымовых шахт.

С 1870-1940г.г. заполнение между балками было почти одинаковым и представляло собой накатник из тонких бревен толщиной 14см, позднее – из двух досок толщиной 40-50 мм (иногда со слоем войлока или толя в роли изолятора). Поверх деревянного наката укладывали глинопесчаную смазку, по которой осуществлялась засыпка шлаком, строительным мусором, битым кирпичом или другим материалом с обязательной воздушной прослойкой до верха балки.

Отделку потолка выполняли в виде штукатурки по дранке, часто под ней был слой войлока для повышения изолирующих качеств междуэтажного перекрытия.

А по верху балок устраивали конструкцию напольного покрытия. Лаги толщиной 60-90 мм устанавливали на прогоны с шагом 700-750 мм; для предотвращения шума под лаги укладывались деревянные прокладки. Далее производили установку чистого пола. Чтобы предотвратить процесс гниения и конденсации влаги в древесине, концы балки оклеивали двумя слоями толя смолой.

Дефекты деревянных перекрытий вызваны из-за характерных свойств и особенностей древесины. [2, с.17-21]. Чаще всего она разрушается от гниения, иногда от плесени или в большинстве случаев в деревянных балках прогнивают концы в месте примыкания к наружным стенам и те участки, которые подвержены смене температурно-влажностного режима.

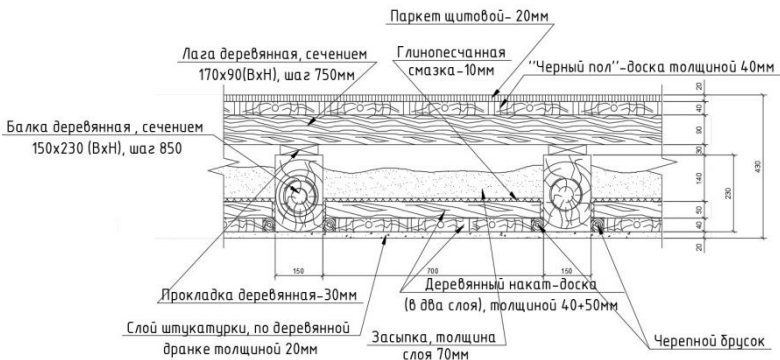


Рис. 1. Состав междуэтажного деревянного перекрытия жилого дома 1939 г. п. (г. Москва, Ленинский проспект д.13)

В металлодеревянных междуэтажных перекрытиях в роли балки выступали двутавры германского сортамента, поскольку металл отличался от древесины большей несущей способностью. Порой, чтобы сэкономить сталь, пролеты старались сокращать за счет установки кирпичных пилонов, повернутых во внутрь здания.

Так и в железобетонных конструкциях прогоны применялись в виде двутавровых балок, на нижние или верхние полки которых монтировались монолитные «металлобетонные» плиты. Однако обеспечение жесткостью выполнялось за счет армирования с шагом 170 мм металлическими стержнями (гладкой арматурой), опирающимися на кирпичные стены здания.

Одной из главных причин демонтажа металлических балок является прогиб и вибрация перекрытия. Стальные прокаты позволяют увеличивать длину пролета за счет высокой несущей способности, но это ведет к дефектам и повреждениям с течением времени.

Каменные перекрытия состояли из кирпича и стальных двутавровых балок или из старых рельс. Такая комбинация могла воспринимать достаточно большую нагрузку. Кладка производилась при использовании сложного раствора, а засыпкой выступал доменный шлак. Вскрытие перекрытия показало, что часто стенки рельс прогнивали в месте стыковки к кирпичной кладке, хотя конструкции не обваливались при этом.

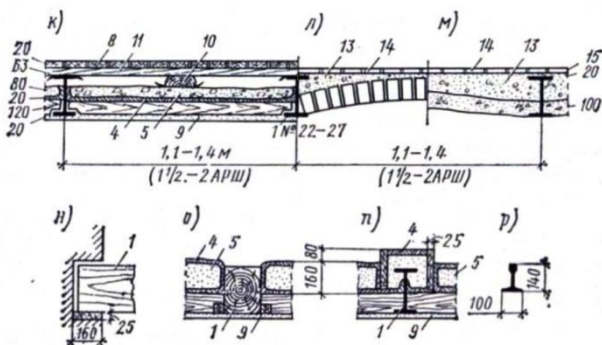


Рис.2. Типы междуэтажных перекрытий.

Таким образом, проблема реставрации междуэтажных перекрытий конца XIX – начала XX века остается актуальной на сегодняшний день. Так как долгая эксплуатация зданий приводит к дефектам, которые ведут к разрушению конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. де-Рошефор Н.И. Иллюстрированное урочное положение. Пг., 1928 - XIII+694 с., илл. [<http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-800/Untitled0.pdf>]
2. Эвальд В.В. Строительные материалы их приготовление, свойства и испытания, 1910.С.17-21[<http://gpntb.dlibrary.org/ru/nodes/1708-evald-v-v-stroitelnye-materialy-ih-prigotovlenie-svoystva-i-ispytaniya-spb-1910#>]
3. Зезбородов Е.Л., Щелокова Т.Н. К вопросу о реконструкции перекрытий в зданиях, возведенных в период 1870-1940г.г., Научное обозрение, Москва, №13, 2017
4. Дайдбеков С.Д. Приёмы восстановления деревянных перекрытий.1953
5. А.Н. Шихов. Реконструкция гражданских и промышленных зданий.2015

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МНОГОЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

Территории крайнего севера характеризуются исключительно суровыми климатическими условиями и долгим отопительным периодом. На этих территориях живет всего 8% населения России, но добывается существенная доля полезных ископаемых: 76% нефти и 93% природного газа, 95% угля, 95% золота и алмазы. Вклад регионов Крайнего Севера на формировании ВВП России равен прямо 15-16%. Исследование данных территорий улучшит экономическое состояние России, поможет решить главную стратегическую задачу по активному развитию арктических территорий. Целью исследования является анализ методов энергосбережения в условиях Крайнего Севера. Методы энергосбережения можно распределить по нескольким направлениям: Использование при строительстве материалов с низкой теплопроводностью. При проектировании зданий принимать объемно планировочные решения, которые будут обеспечивать их теплозащиту. Применение новых разработок в конструкциях окон и дверей, снижающих теплопотери. Основными требованиями, при строительстве домов в условиях Крайнего Севера являются создание нормальных условий эксплуатации жилых зданий и организация оптимального микроклимата для человека. Некоторые объёмно-планировочные решения помогают снизить влияние сильных холодных ветров и уменьшить заносы снегом. Важная особенность зданий на Крайнем Севере заключается в том, что при расположении торцевых частей здания вдоль линии действия преобладающих ветров в них размещают подсобные помещения. Особое внимание уделяют обеспечению требуемого температурного режима в помещениях. Уменьшение охлаждающей поверхности зданий приводит к уменьшению теплопотерь. Для уменьшения площади наружных стен здания проектируют вытянутой прямоугольной простейшей формы. При широких зданиях сокращается длина улиц и дорожных коммуникаций, что приводит к удешевлению эксплуатации жилого района. В некоторых районах Крайнего Севера жилые кварталы построены очень компактно с узкими разрывами между домами, что позволяет значительно снизить скорость ветра.

Особенностью северных регионов является глубинное промерзание почв и грунтов, так называемая вечная мерзлота. Строить дом на таком ледяном панцире очень сложно, ведь он постоянно меняет свою структуру. В условиях вечной мерзлоты применяют два типа устройства

фундаментов: на сваях и непосредственно в грунте. При устройстве свайного фундамента создается зазор между грунтом и основанием, для вентиляции мерзлой поверхности. При устройстве фундамента в грунте при эксплуатации здания нагревают мерзлый грунт, вследствие чего он теряет свою монолитность. Поэтому необходимо использование материалов с повышенной теплоизоляцией, для предотвращения оттаивания грунтов.

В условиях Крайнего Севера очень хорошо себя зарекомендовали навесные вентилируемые фасадные системы. Многослойная структура стен улучшает их теплоэффективность и продлевает срок эксплуатации. В данном устройстве фасада финишное покрытие не примыкает к стене вплотную, а располагается на некотором расстоянии. Данный зазор необходим для циркуляции воздуха с целью предупреждения образования конденсата. Воздушная прослойка – естественный теплоизолятор. Благодаря ней стены не будут так промерзать, как при штукатурной облицовке. Важно отметить, что их можно применять как в новом строительстве, так и для утепления старых зданий.

Большое внимание в условиях сурового климата стоит уделять конструкции окон, ведь с точки зрения теплотеря, она очень уязвима. Использование современных теплосберегающих систем поможет сохранить затраты на отопление на 20-30%. Нужно использовать окна с теплопередачей, не менее $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$. Таким требованиям соответствуют окна с монтажной шириной не менее 70 мм. Пятикамерная система окон разработана для применения в северных регионах. Повышенный уровень теплозащиты обеспечивает высокую морозостойкость окон.

Большой проблемой является большой перепад температур наружного и внутреннего воздуха. При проектировании и строительстве жилых зданий необходимо предусмотреть вентиляцию с рекуперацией тепла. С латинского, рекуперация – возмещение или обратное получение. Принцип действия такой вентиляционной системы строится на использовании тепла воздуха, который выводится наружу. Вентиляция с рекуперацией забирает через воздуховоды воздушные массы из помещений с повышенным уровнем влажности. Прежде чем вывести воздушные массы наружу, вентиляционная система отправляет их в теплообменник и забирает тепло нагретого воздуха. Оно используется для повышения температуры холодных воздушных масс, поступающих в дом с улицы. Свежий воздух проходит через теплообменник и поступает в дом уже нагретым. Он идет в другие помещения. Так осуществляется постоянный обмен воздушных масс, с помощью которого можно эффективно использовать тепло воздуха тех помещений, в котором происходит его нагрев.

Применение и усовершенствование методов энергосбережения в многоэтажных жилых зданиях на Крайнем Севере является важной задачей. Все это повысит благосостояние региона и ускорит развитие территорий Крайнего Севера. Важно учитывать все особенности строительства в данных климатических условиях и выбрать наиболее подходящие и целесообразные методы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

6. Берсенева М.Л., Васильевская Г.В., Данченко Т.В., Инжутов И.С., Амелчугов С.П., Якина А.А., Данилович Е.В. Энергосберегающие технологии при строительстве зданий и сооружений на территории Крайнего Севера.
7. Кравченко К. С. Особенности и принципы строительства энергоэффективных домов в условиях крайнего севера // Энергия науки: электронный сборник материалов VII Международной студенческой научнопрактической интернет-конференции. 2017. С. 1093-1095.
8. Овсянников С. И., Родионов А. С. Обоснование эффективных строений для Крайнего Севера // Вестник науки и образования северо-запада России. 2017. № 1. С. 107-114.
9. Oudama A.-Y., Szabo M. Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 36.
10. Соловьев А. К. Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2014. 342 с.

ЭЛИТНОЕ ЖИЛЬЕ. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Воспитываясь в реалиях современного мира, мы уже вряд ли когда-нибудь сможем представить себе улицы, заполненные абсолютно идентичными зданиями и сооружениями. Мы привыкли к тому, что каждый день видим миниатюрные малоэтажки и исполинские небоскрёбы, серые панельные дома и стильные кварталы, спроектированные на европейский лад. Все эти деления знакомы простому обывателю и не удивительны, но сегодня мы подробнее поговорим о делении жилья на классы, а если быть точнее, о конкретной его разновидности - жилье элитного сектора.

Жильями домами премиум-класса принято считать дома, выполненные по особым проектам, с применением самых передовых технологий и расположенные в элитнейших районах крупных городов. Выше всего в таких домах ценятся безопасность и комфорт: круглосуточная охрана и консьерж, быстрые и тихие лифты, удобные парадные, и, конечно же, огромные площади квартир, которые в несколько раз могут превосходить истины, прописанные государственными стандартами. Несмотря на дебаты, проходящие между профессионалами разных отраслей, премиум жилье удалось поделить на несколько типов: «А» (Luxe), «А →», «В», «С»

Начнем описание с «самого элитного» класса «А», класса LUXE.

Все самое удобное, самое дорогое и самое премиальное собрано именно в жилье этого типа. Известные соседи, малое количество квартир, огороженная территория, подземная или наземная закрытая парковка с расчетом 2-3 места для одной на квартиры, резервная система электро- и водо- снабжения, встроенная система «умный дом», многоуровневая фильтрация воды, а может быть даже консьержка с высшим образованием? Такие дома могут находиться только в самом центре столицы или самых дорогих районах крупных областных центров. Дома класса «А-» это все жилье, не вошедшее в класс «А» по объективным причинам. Меньшая площадь квартир и парадных или чуть менее престижное расположение дома – автоматически «выбрасывают» его за пределы самого элитного, первого класса «А». Но, так как данная подкатегория не слишком уж отличается от «А», то и ценник на нее не сильно отличается, а то и совсем может не отличаться.

В отличие от вышеперечисленных, недвижимость класса «В» может находиться и в отдаленных от центра местах, дома данного типа могут быть реконструированы, а не построены с «чистой земли». Мы имеем

дело с домами, количество квартир в которых может достигать уже 300, и даже 500, в отличие от 30-50 в классе «А».

К следующему, «С» классу относятся дома, построенные в основном в 90-е годы прошлого века. В те времена большим спросом пользовалась недвижимость с большими дворовыми территориями, еще бы, ведь тогда с «получением» застройщиком лишней земли все было значительно легче. Дома данной категории, фактически, можно отнести к «бизнес жилью».

Элитное жилье делится не только «по буквам», но и «по цифрам». Конечно же, ведь не только новостройки могут отвечать требованиям премиум класса. Многие, имеющие на то возможности люди, обращаются в поисках квартиры именно к исторической застройке. Год рождения здания может сказать о многом, а в первую очередь о его элитности с точки зрения современности. Большим спросом пользуются:

- дореволюционные дома и особняки, построенные в период экономического расцвета царской России.

- сталинские дома, построенные в период с 1935 по 1960 г. (к этой категории относятся всем известные «сталинские высотки», а также «Дом на Набережной»).

- дома ЦК, построенные для руководителей ЦК, Совмина, Минобороны в период с 1960 по 1992 г.

Проектирование элитного жилья должно удовлетворять всем потребностям заказчика и всем вышеперечисленным требованиям различных типов этой недвижимости. Но, как говорится, всё идеальное не идеально. Так и в элитном классе домов присутствует как минимум один жирный минус – цена.

К сожалению, в современном мире всё измеряется в деньгах, и с каждым годом цены становятся больше и больше. И за счет этого премиум сегмент, который уже имеет кусающийся ценник, приобретает невообразимую цену. Так же никто не отменял оплату коммунальных услуг. Из-за того, что площадь там такая же большая, как и цена на квартиру, то придётся выписать чек за все услуги предоставленные услуги. Если же финансовый вопрос у вас не вызывает каких-либо проблем, то открывается огромный спектр плюсов и разнообразия. Купив элитное жильё, вы можете быть точно уверены в том, что рядом с вами в шаговой доступности будет находиться вся важная инфраструктура: магазины, школы, больницы, метро и т.д. И это всё будет не только рядом с вами, но и будет соответствовать уровню вашей квартиры, а так же вашему статусу (напоминаю, что у вас самый высокий уровень). Любая планировка: три, четыре комнаты, пентхаус и т.д. Любая отделка, любой дизайн: барокко, античный стиль или же наоборот неомодерн и многие другие. В любом месте, хоть в центре, хоть в тихом

и укромном уголке. Да абсолютно любой каприз за ваши деньги. Всё что вы только можете себе вообразить, легко можно осуществить, если немного помучить проектировщика и заплатить за эту радость приличную сумму.

Вот и подошла к концу моя статья. Надеюсь, что я смог донести до вас всю полезную и нужную информацию о том, насколько сильно разнообразие элитного жилья. И когда вы будете выбирать будущий дом вашей мечты, то прочитав данную статью и ознакомившись со всеми нюансами данного класса, вы сможете с легкостью выбрать именно то, что вы так долго хотели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ведяков И.И., Конин Д.В., Яковлев А.Д.* Мировая практика стального строительства // Института стальных конструкций (SCI), 2015. стр. 201-227
2. *Маклакова Т.Г.* Конструкция зданий. Путеводитель по стилям и эпохам мировой архитектуры.// Учебное пособие, 2000. стр. 160-175
3. *Гиясов А.* Архитектурно-конструктивное проектирование гражданских зданий// Учебное пособие, 2014. стр. 143-149
4. <https://moskvadeluxe.ru/klassifikaciya-elitnogo-zhilya/>
5. <https://www.kp.ru/putevoditel/dom/klassy-zhilya/>

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ООПТ

Аннотация. Тема экологии в повседневной жизни все больше набирает обороты. Люди стараются аккуратнее относиться к нетронутым природным территориям, используя предметы из быстро разлагаемых или переработанных материалов. Большая часть населения нашей страны распределена по большим городам – «каменным джунглям», что увеличивает спрос на экологический вид туризма.

Введение. 24 декабря 2018 года, по итогам заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, утвержден национальный проект «Экология», куратором которого является Заместитель Председателя Правительства РФ Абрамченко В.В. В состав нацпроекта входит Федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма», что вносит огромный вклад в развитие экотуризма и экологии, в целом. [2]

Также, в целях развития туризма в России, утверждена Распоряжением Правительства РФ от 20.09.2019 №2129-р стратегия развития туризма в РФ на период до 2035 года. [3]

Учитывая возрастающий спрос на экотуризм и поддержку со стороны государства, возникает потребность в технических и экологических требованиях к проектированию объектов инфраструктуру для туристических баз, особенно, если они располагаются на особо охраняемых природных территориях (далее - ООПТ).

Конечно, стоит ориентироваться на международный опыт в развитии экотуризма на ООПТ, но, из-за ряда климатических и географических особенностей требуется учитывать российскую специфику.

Статьи 15 Пунктом 4 Закона об ООПТ регламентируются ограничения для земель, включенных в границы национального парка без изъятия из хозяйственной эксплуатации: доводится расширение и строительство новых хозяйственных объектов. На специально выделенных участках частичного хозяйственного использования, не включающих особо ценные экологические системы и объекты, допускается деятельность, направленная на использования государственного природного заповедника и жизнедеятельности граждан, проживающих на его территории, и обеспечения охраны, в том числе: а) реконструкция и капитальный ремонт зданий, сооружений и коммуникаций, строительство, необходимых федеральным

государственным учреждениям, обеспечивающим использование государственных природных заповедников и охрану, для выполнения установленных статьей 7 действующего Федерального закона задач; б) овладение сельского хозяйства для снабжения работников федерального государственного учреждения; в) выпас скота, присущего работникам федерального государственного учреждения; г) и прочее.

Так, международный опыт подробно рассмотрен в Руководстве по развитию ООПТ «Международный опыт развития экологического туризма на особо охраняемой природной территории», разработанному ООО «СИТИМЭЙКЕРС» совместно с АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению проектов», в котором принимаются во внимание такие международные объекты, как: б) Национальный парк Юстедальсбреэн (Норвегия); в) Национальный парк «Вуд-Баффало» (Канада); г) Национальный заповедник «Высокотравные прерии» (США); д) Национальный парк «Баварский лес» (Германия); е) Национальный парк «Меркантур» (Франция).

В свою очередь, на территории Российской Федерации основными особо охраняемыми природными территориями считаются: а) Печоро-Ильчский заповедник «Девственные леса Коми»; б) «Озеро Байкал»; в) Алтайский заповедник «Золотые горы Алтая»; г) Кроноцкий заповедник «Вулканы Камчатки»; д) Кавказский государственный заповедник, Сочинский парк «Западный Кавказ».

К проектированию объектов инфраструктуры на ООПТ стоит подходить серьезно и с пониманием данного вопроса. Тут необходимо найти, так называемую, золотую середину между популяризацией экологического туризма, увеличением численности туристов и сохранением природы в ее первозданном виде.

Так, совсем недавно, приказом №108-ст от 02.03.2021 года Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации утвердило и ввело в действие с 15.03.2021 года Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 59370-2021 «Зелёные» стандарты. Посадочные материал декоративных растений» («Green» standards. Planting material of ornamental plants), разработанный Ассоциацией Производителей Посадочного Материала (АППМ) и Техническим комитетом по стандартизации ТК 366 «Зелёные» технологии среды жизнедеятельности и «зелёная» инновационная продукция» совместно с НИЦ «Зелёные стандарты» НИУ МГСУ, который вносит большой вклад в развитие экологии на территории Российской Федерации.

Стоит отметить, что развитие системы ООПТ – одно из приоритетных направлений работы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Этому направлению природоохранной

деятельности посвящен федеральный проект. Целью является увеличение суммарной площади ООПТ на 5 миллионов гектаров до 2024 года, что возможно благодаря разработанному в федеральном проекте комплексу мероприятий. [4]

Многие специалисты работают в данном перспективном направлении – развитие экологии, хочется выделить труды Варламова А.А., Хабарова А.В., Демина Т.А. Некоторые исследования направлены на изучение проблем формирования государственной политики в отрасли природопользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ООО «СИТИМЭЙКЕРС», АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению проектов» Международный опыт развития экологического туризма на ООПТ.
2. Национальный проекта «Экология», утвержденный 24 декабря 2018 года по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам.
3. Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 №2129-р Стратегия развития туризма в РФ на период до 2035 года.
4. ООО «Фанталис групп», АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению проектов» Руководство по проектированию объектов инфраструктуры на ООПТ.
5. *Арсеньева Е.И., Кусков А.С.* Туризм и культурное наследие. Межвузовский сборник научных трудов. 2005. вып. 3.
6. *Теличенко В.И., Бенуж А.А., Рудь Н.С.* Требования к качеству воздуха внутренней среды помещений гражданских зданий в Российских нормах в сравнении с международными зелеными стандартами. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. №17(1). С. 98-107.

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В наше время строительные организации стараются соблюсти баланс между экономией и эффективностью строительных материалов для возведения зданий и сооружений. Объекты и сооружения из легких стальных тонкостенных конструкций - являются одними из самых инновационных и экономичных, по сравнению с другими способами возведения. Но данный вид конструкций не всегда соответствует требованиям по пределу огнестойкости. Поэтому, чтобы как то обеспечить должную защиту и увеличить время устойчивости конструкции при горении, используют специальные отделочные материалы.

Для повышения предела огнестойкости металлоконструкций в ряде случаев используют тонкослойные огнезащитные покрытия. Однако, в соответствии с п.5.4.3 СП 2.13130.2020 [1, с.18] применение тонкослойных вспучивающихся огнезащитных покрытий для стальных конструкций, являющихся несущими элементами зданий I и II степеней огнестойкости, не допускается, за исключением стальных конструкций с приведенной толщиной металла согласно ГОСТ Р 53295 не менее 5,8 мм. Следовательно - применение данного способа огнезащиты для профилей ЛСТК – невозможно. Остается способ конструктивной огнезащиты, а именно- обшивка конструкций огнеупорными панелями, оштукатуривание по металлической сетке, облицовка керамическим кирпичом.

В случае применения несущих конструкций из профилей ЛСТК-данное условие выполняться не будет. Следовательно – огнезащита легких стальных тонкостенных конструкций возможна только с применением дополнительных конструкций (конструктивная огнезащита), а именно – обшивка стальных элементов огнезащитными матами, огнеупорными плитами, оштукатуривание по металлической сетке, облицовка блоками, или керамическим кирпичом. [2, с.198-201]

Чтобы решить проблему с обеспечением требуемого предела огнестойкости, подбираются специальные отделочные материалы. В качестве примера, чаще всего используют для отделки междуэтажных перекрытий на основе профилей из легких стальных тонкостенных конструкций, огнезащитные панели типа КНАУФ-Файерборд и

лакокрасочные покрытия ЭМАЛЬ ГФ-230. Данные виды материалов, являются экономными и обеспечивают конструкцию требуемым уровнем огнестойкими. К примеру, плиты огнезащитные на цементном вяжущем с легкими минеральными наполнителями, армированные с двух сторон стеклосеткой, негорючие, с односторонним защитным покрытием используют марки «ПРОЗАСК Файерпанель». В отличие от других видов плит, данная марка отличается лёгкостью и малой стоимостью, за счёт включения в состав материала стеклосетки и метода покрытия с одной стороны. Данный вид материала зарекомендовал себя именно повышенной огнестойкости. В качестве примера данный материал предоставлен на Рис.1.

Междуетажные плиты перекрытия КНАУФ-Файерборд специально разработаны компанией КНАУФ для обеспечения повышенной эффективности в области пожарной безопасности зданий и сооружений. Представляют собой листовые изделия, состоящее из негораемого гипсового сердечника с добавлением вермикулита и стеклоровинга, что является его отличительной особенностью от других видов плит перекрытий. Все кромки плит имеют прямоугольную форму и выпускаются по ТУ-5742-006-01250242-2009. Изображен материал на Рис.2.

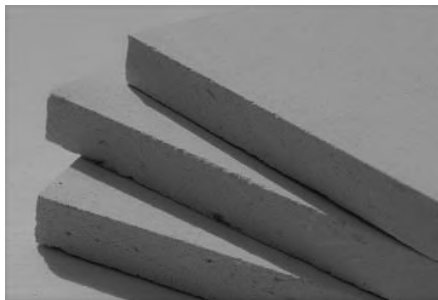


Рис.1 Плита огнезащитная
«ПРОЗАСК Файерпанель»



Рис.2 Плита «КНАУФ-
Файерборд»

Завершающим слоем при отделочных работах перекрытий является лакокрасочное покрытие марки ЭМАЛЬ ГФ-230, если будут установлены деревянные балки на легкие стальные профили конструкций. Данный вид материала отличается повышенной огнестойкостью и прочностью. Но главный минус есть, это не способность полной устойчивости к влаге. Если через перекрытия в

дерево попадёт жидкость, то деревянная балка не будет способна максимально эффективно избавиться от воды.

Подводя итоги, можно сказать, что вопрос обеспечения нормативного предела огнестойкости ЛСТК профилей в настоящее время чрезвычайно актуален. Для зданий до III степени огнестойкости конструкции из легких стальных тонкостенных конструкций - применимы. А при проектировании зданий I и II степеней огнестойкости данные решения могут использоваться в ограниченном объеме.

Но строительная сфера должна стремиться свести к минимуму риски и обеспечить максимальную защиту жизни людей с помощью правильных расчётов, подбора материалов, согласно всем нормативным требованиям и назначению строящегося объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. п.5.4.3 С.18;
2. *Безбородов Е.Л.* Устройство антресольных перекрытий в жилых комплексах, с использованием технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) // *Инновации и инвестиции* . 2021. №2. С.198-201
3. ГОСТ 2.114-95 «ЕСКД ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ»
4. СТО 86770581-2.01-210 «Междуэтажные перекрытия».
5. СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов».
6. *Безбородов Е.Л.* Влияние перфорации на теплотехнические характеристики «термопрофилей» легких стальных тонкостенных конструкций // *Инновации и инвестиции* .2019. №2. С.191-194;
7. *Козлов М.В., Безбородов Л.В.* Конструктивные схемы высотных зданий // *Вестник МГСУ*. 2011. №1-2. С. 153-160.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

Строительство постоянно развивается, увеличивается сложность проектов, при этом существует устойчивая тенденция к увеличению скорости и качества проектирования. Вследствие этого возникает проблема, связанная с необходимостью получать качественные проектные решения с минимальными затратами времени.

В данной работе рассматривается одно из решений этой проблемы: оптимизация работы над проектом с помощью методов проектирования многоэтажных зданий на основе BIM-технологий с использованием программы Autodesk Revit.

Основные преимущества использования технологий такого типа заключаются в:

1. Скорости работы. Например, составление группы типового этажа из-за многократного повторения одних и тех же элементов позволяет с минимальными затратами времени набрать необходимую этажность здания и автоматически получить высотные отметки.

2. Упрощении понимания сложных примыканий элементов друг к другу, что позволяет избежать ошибок и несостыковок при проектировании, в результате чего требуется гораздо меньше времени на правки в проекте, например, перемещение элементов в 3D модели, в результате чего на всех соответствующих чертежах элементы меняют свое положение. Это можно четко отследить при перемещении вентиляционных каналов и шахт системы канализации в пространстве 3D модели, при этом на всех соответствующих чертежах они также меняют свое положение.

3. Более точное конструирование перекрытий и узлов при проектировании и корректировке стен, с использованием свойств 3D моделей. Они основываются на том, что основой проекта служат координационные оси и уровни (высотные отметки), в Autodesk Revit все объекты привязываются к ним, с помощью чего они перемещаются вместе с осями и уровнями при изменении их размеров. Как пример можно рассмотреть возможность смещения стен и границ перекрытий и покрытий при перемещении оси, к которой они привязаны.

4. Повышение эффективности взаимодействия команды проектировщиков между собой. Эта возможность активно используется во многих современных проектных организациях. Благодаря этому здание проектируется одновременно, как единый объект: в случае внесения поправок в проект, предположим, архитектором, эти изменения

одновременно появятся у всей команды проектировщиков и помогут им быстро скорректировать часть проекта, за которую они отвечают.

5. Автоматическое получение ведомостей и спецификаций, что является одной из главных функций BIM-технологий. Присвоив всем элементам определенные свойства, в проекте все спецификации и ведомости выводятся автоматически, при этом программа сама проставляет номера узлов и помещений, не позволяя им повторяться, также Autodesk Revit нумерует страницы в необходимом порядке, заполняет основные надписи на листах с заданными изначально требованиями и многое другое, что при двумерном проектировании приходится делать вручную.

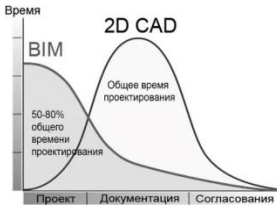


Рис.1 Кривая Маклими, показывающее распределение времени при проектировании с помощью BIM-технологий и двумерным проектированием

При рассмотрении программы Autodesk Revit более детально, можно найти и недостатки, такие как небольшая коллекция стандартных элементов, соответствующих ГОСТ, трудоемкость их самостоятельной разработки, длительность и сложность обучения людей для работы в программе, четкая система моделирования, при нарушении которой многие функции не будут работать или будут работать неправильно. Данные недостатки устраняются как посредством координирования BIM-проектирования (например, отдельным специалистом), так и постепенной адаптацией рынка к BIM-технологиям, например, нередко на сайте производителей окон или лифтов можно в свободном доступе найти 3D модели их продукции.

На графике (рис.1) – кривой Маклими наглядно показано сравнения скоростей работы в 2D CAD и в BIM на ранних и поздних стадиях проектирования. На нем явно видно, что основной объем работы, а, следовательно, и основные затраты времени в BIM происходят на ранних этапах проекта, что значительно сокращает время на согласование проектов на поздних этапах. Кроме того, исходя из этого графика, можно сделать вывод, что при проектировании в BIM гораздо больше времени и внимания уделяется проектным решениям, в результате чего на стадии разработки рабочей документации модель уже обладает большим количеством данных, с помощью которых можно получить и точные спецификации, и чертежи быстрее, чем при двумерном проектировании.

В совокупности, изложенные выше особенности использования BIM-технологий позволяют не только получить результат в виде необходимой документации для строительства, но и минимизировать количество и время корректировок на различных этапах проектирования, увеличить точность проектных решений, улучшив в итоге показатели скорости и качества. Не стоит упускать из виду, что это также значительно помогает проектировщику при взаимодействии с заказчиком, т.к. наглядное представление проектных решений более понятно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Павлов Н. Г. и др.* BIM системы. Программное обеспечение Revit //Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2018. – Т. 2. – С. 101-104.
2. *Андрющенко Н. А.* Автоматизация и оптимизация работы в комплексе" Autodesk Revit" //Инновационная наука. – 2019. – №. 3.
3. *Абакумов Р. Г., Наумов А. Е., Зобова А. Г.* Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 5.
4. *Альшакова Е. Л.* Применение 3D моделирования на стадии эскизного проектирования объектов строительства и архитектуры //ББК 74 В 85. – 2015.
5. *Суродеев А.В., Терешкин И.П.* Основные аспекты внедрения BIM-технологий в России // XLVII Огарёвские чтения. Материалы научной конференции. В 3-х частях. – 2019. – С. 216-219.
6. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31- 01-2003.
7. ГОСТ Р 21.1101-2013 «СПДС».
8. ГОСТ 21.501-2011 «Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений».

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Выпускник современной школы – это компетентный и успешный житель города, обладающий функциональной грамотностью, лидерскими качествами, знаниями и умениями для личной и профессиональной самореализации в мегаполисе. Исходя из этого, определяются основные подходы к проектированию пространства начальной школы (1 - 4 классы), основной школы (5 – 9 классы) и среднего общего образования (10 – 11 классы). Новые подходы к проектированию школьных зданий обуславливаются современными компетенциями школьника. Так, среда начальной школы должна обеспечивать актуальные представления о природе и обществе, основы функциональной грамотности (навыки чтения, письма, счёта; естественно – научная, информационная грамотность и т. д.), опыт проведения простых измерений и экспериментов, выполнения проектов, навыки общения, сотрудничества, безопасного поведения в школе, городе, в информационном пространстве. Среда основной школы должна обеспечивать навыки работы с лабораторным и цифровым оборудованием, представления о развитии современных технологий, знания и умения для решения жизненных задач, финансово – экономическая и предпринимательская грамотность, навыки программирования, алгоритмизации, анализа данных, навыки «soft skills» (коллаборация, критическое мышление, креативность). Среда старшей школы должна обеспечивать надёжные знания и умения для успешной сдачи ЕГЭ и поступления в ВУЗ, представления о достижениях современной науки и технологий, навыки проектной и исследовательской деятельности, осознанный выбор профессии, опыт обучения «в формате вуза» с самостоятельным выбором профилей, элективных курсов, направлений предпрофессионального образования, опыт выполнения социально значимых проектов и участия в волонтерской деятельности. Исходя из вышеперечисленного, для развития современных компетенций выпускника пространство школы формируется в соответствии с 5 ключевыми признаками: **доступная и гостеприимная** школа, комфортная, удобная, трансформируемая школа, технологичная школа, бережливая школа, прозрачная школа.

Логистика перемещения между кабинетами должна быть таковой, чтобы самих перемещений было как можно меньше. Следовательно, один из главных принципов проектирования внутришкольного пространства является формирование универсальных кабинетов, в

которых будет возможно проводить любой предмет непредпрофессионального профиля. Так, помещения школьных зданий будут иметь следующую классификацию по назначению: учебное пространство начальных классов (многофункциональные учебные кабинеты, рекреации и т. д.), универсальные учебные кабинеты (литература, история, математика, русский язык, обществознание, иностранные языки, и другие), специализированные учебные кабинеты (химия, биология, физика, информатика, предпрофессиональные лаборатории и другие), общешкольные пространства (рекреация (зона отдыха), столовая, актовый зал, спортивный зал, лестницы, библиотека), прочие помещения (административные кабинеты, медицинский кабинет, санузлы, вестибюли, гардеробы и другие). Особенности планировки пространства начальных классов: размещение классов на этажах школы по блокам: 1 – 2 классы / 3 – 4 классы, стандарт функционального зонирования кабинетов начальных классов, использование рекреации и коридора для обучения и отдыха. Особенности планировки пространства основной и старшей школы: создание в существующем типовом здании школы современной модели, предоставляющей старшеклассникам возможность получить знания и умения, необходимые для осознанного выбора профессии и успешного поступления в ВУЗ по 2–м направлениям: «технологическому» (инженерные классы, ИТ – полигоны) и «естественно – научному» (академические и медицинские классы). Кабинеты сгруппированы по зонам и этажам. Универсальные, в которых дети проводят большую часть времени, располагаются ниже; специализированные с лабораторным оборудованием находятся на верхних этажах здания. Многофункциональность в помещениях позволяет пространству не пустовать. Рассмотрим пример многофункциональности актового зала, который используется намного реже, чем другие помещения в школах. Потребность в новом подходе к помещению актового зала обусловлена запросами на эффективное использование школьного пространства. Актовый зал предназначен для проведения общешкольных мероприятий и внеурочной деятельности различного формата, а также может быть использован для устройства ИТ – полигона. С помощью трансформируемых перегородок, мобильной мебели, передвижной панели МЭШ в актовом зале возможно проведение занятий по основным предметам школьной программы. Такое объёмно – планировочное решение даёт возможность

проведения лекций и дополнительных занятий, общешкольных



Рис. 1. Актальный зал, «Школа
Летово», пос. Сосенское, ул.
Зимёнковская, 3

собраний, выставок, а также позволяет взаимодействовать ученикам разного возраста и совместно участвовать в различных активностях. Также следует уделить внимание свету в помещениях.

Прозрачные стеклянные стены в учебных кабинетах и административных помещениях обеспечивают возможность наблюдения за ходом занятий в помещениях и за

происходящим в коридорах и рекреациях. Кабинеты могут иметь светопрозрачную стену в сторону рекреации. Исходя из всего, можно подвести итог, что пространство современной школы должно быть гибким и адаптивным, легко преобразовываться в соответствии с различными событиями. Помещение не имеет одной, жёстко закреплённой функции: в нём могут реализовываться различные образовательные и событийные программы работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. под редакцией Natascha Meuser. *School Buildings: Constructions and Design Manual*. Изд. «Dom Publishers», 2020 г.
2. *Чернова О.В., Шендрик И.Г.* Проектирование образовательной среды (учебное пособие). Екатеринбург, 2008 г.
3. *Ведяков И.И., Конин Д.В., Яковлев А.Д.* Мировая практика стального строительства // Института стальных конструкций (SCI), 2015. стр. 201-227
4. *Соловьев А.К.* «Физика среды» Москва, издательство АСВ, 2014
5. *Соловьев А.К.* «Оценка световой среды производственных помещений в условиях ясного неба» Светотехника, 1987, №1.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Реконструкция здания считается одним из наиболее значимых решений жилищного вопроса.

Реконструируемый участок создают для достижения двух целей. Во-первых, повлечь за собой в свежую застройку новую жизнь, наполнить современным содержанием. Во-вторых, соединить перемены пространственной системы, вызванные в первую очередь общегородскими нуждами развития, с кругом интересов населения.

Специальное место при реконструкции следует отводить осуществлению экологических требований, предъявляемых к строительным материалам, а также технологиям выполнения работ. Настоящие работы должны предполагать утилизацию, а также вторичное использование составляющих разборки, метода ведения работ, исключаящие пыление, разбрасывание материалов, высокий шум и вибрацию.

Опыт обновления жилых домов первых массовых застроек согласно итогам проектных разработок и их практической реализации можно разделить на несколько уровней в зависимости от степени сложности:

-без изменения типового проектного решения жилого здания с выполнением реконструктивных работ по восстановлению надежности несущих конструкций и повышению эксплуатационных качеств;

-без изменения типового проектного решения жилого здания, но с частичной перепланировкой путем ликвидации проходных комнат с восстановлением эксплуатационных качеств здания;

-с изменением структуры квартир без увеличения строительного объема здания путем объединения квартир в пределах секций и их перепланировки;

-с изменением структуры квартир путем увеличения объема здания за счет пристройки объемов и надстройки мансардного этажа, устройство квартир в двух уровнях;

Появление и формирование мегаполисов считается продолжительным и многолетним историческим процессом. Почти во всех регионах сформировались всевозможные условия их формирования, что привело к особенностям планировки и застройки.

Многосторонняя информация, характеризующая жилые здания, гарантирует наибольший учет специфик и вероятных возможностей сформировавшегося жилого фонда при единой направленности переустройства городов и районов. В свою очередь градостроительный план становится важным документом, в коем наравне с увлечениями

формирования жилищного хозяйства предусмотрены многочисленные запросы по развитию общественной застройки, инженерно-транспортной инфраструктуры, интенсификации применения территории.

Единое проектное решение по улучшению городской среды следует принимать во внимание при проектировании, ремонтных работ и реконструкции жилых зданий посредством системы условий городской среды:

- переустройство жилых зданий в интересах организации и оздоровления городской среды;

- защита жилых помещений от неблагоприятного воздействия городского окружения.

При реконструкции сооружений необходим индивидуальный подход к любому единичному объекту с наибольшим сохранением архитектурного решения фасадов. Кроме того необходим учет связей реконструируемого квартала либо микрорайона с прилегающими частями мегаполиса, обладающими традиционной или исторической особенностью. Восстановление внутриквартального пространства, наравне с повышением плотности застройки, должно быть ориентировано на увеличение его удобства, а также рациональности, осуществления проблемы общественного и эстетического характера по упорядочению планировочной структуры и сетей улиц, формирования требуемой инфраструктуры, озеленение и благоустройство территории, создание объектов активного и пассивного отдыха, развитие коммуникационных связей, сохранение городского ландшафта и окружающей среды.

Особое внимание должно быть уделено увеличению эксплуатационной прочности инженерных сетей тепло-, водо- и газоснабжения.

Реконструкция жилой застройки никак не должна сопровождаться ухудшением инсоляции и аэрации и, как следствие, должна быть направлена на улучшение микроклимата жилой застройки, увеличение удобства обитания и оздоровления условий проживания населения.

Домам старой постройки свойственны сложные планы. Однако при всех различиях возможно выделить семь типов, соответствующих планировочной компоновке жилых зданий.

При модернизации и реконструкции жилых зданий массовой застройки предусматривается решение следующих задач:

- приведение планировочной структуры здания в соответствие с требованиями к потребительским и эксплуатационным качествам современного жилища;

-изменение основных строительных параметров здания, этажности, создание двухуровневых квартир, устройство мансард, пристройка отдельных объемов и пролетов;

-совершенствование архитектурно художественных качеств зданий с учетом общего композиционного решения застройки и современных требований эстетики.

Действительность архитектурно планировочных переустройств при реконструкции жилых домов зависит от социально-экономических условий в определенном городе или районе в зависимости от подобранного метода перестройки.

Модернизацию или реконструкцию жилых домов можно осуществлять:

- без отселения жильцов;
- с частичным отселением жильцов;
- с временным отселением жильцов и возвращением части их в модернизированные квартиры;
- с отселением жильцов и предоставлением им нового постоянного жилья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реконструкция жилых зданий. Часть 1. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий.
2. *А.Н. Шихов*. Реконструкция гражданских и промышленных зданий.2015
3. *Предтеченский В.М., Милинский А.М.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Стройиздат, 1979. - 375 с.
4. *Соловьев А. К.* «Пассивные дома» и энергетическая эффективность их отдельных элементов // ПГС. 2016. N 4
5. Architecture Review Flanders N°12. Tailored Architecture //Publisher : Vlaams Architectuur Instituut (July 6, 2016)

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЗДАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В настоящий момент вопрос энергетической эффективности зданий считается важным для сохранения невозобновляемых источников энергии. По этой причине проявляется все больше интерес энергоактивным и энергосберегающим зданиям.

Главные принципы при проектировании энергоэффективного дома – это наиболее эффективное использование тепловой энергии внутри здания и защита от потерь тепла через ограждающие конструкции и вентиляцию в зимний период для районов с холодным климатом.

Важной составляющей при постройке таких домов является форма и ориентация здания.

При изучении тепловых потерь зданий, которые происходят в течении года было выявлено, что основная потеря тепла связана с оконными проемами. Формируя фасад таким образом, как

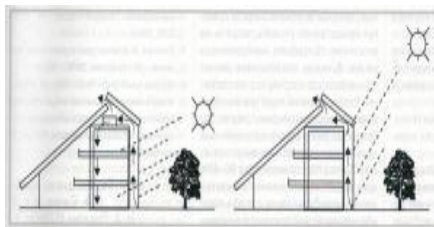


Рис. 1. Разрез здания для солнечного отопления через двойной фасад

показано на рис.1, а также ориентируя его в южную сторону, можно достичь снижение теплотери за счёт того, что в зимний период времени здание будет терять меньше тепла через оконные проемы. Ориентация основных помещений зданий в южную сторону позволит использовать световой день для освещения, что будет способствовать снижения затрат на электроэнергию. Также такая ориентация здания способствует возможности получения обогрева помещений солнечной энергией в зимний период, что положительно скажется на снижении стоимости отопления [6].

Примером такой конструкции является дом в г. Ларвик. Как показано на рис.2 данное здание имеет трапецивидную форму в разрезе, что позволяет наиболее эффективно использовать солнечную энергию и сократить потери тепла. За счёт увеличенных и расположенных под углом оконных проемов, тепловая энергия солнца будет эффективна с точки зрения экономии невозобновляемых источников энергии.

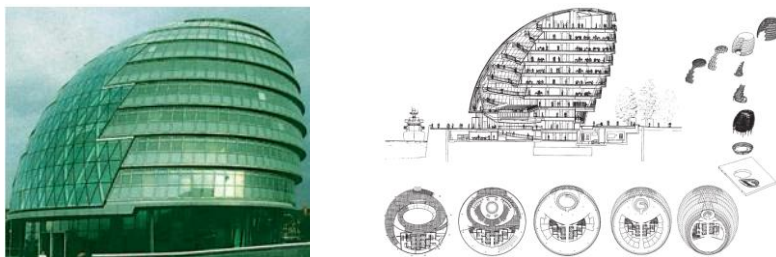


Рис. 3. Фасад и разрез здания Мэрии Лондона

С помощью правильно подобранной формы дома можно совершить оптимизацию теплоэнергетического влияния климата на термический баланс дома для различных расчетных периодов. В данной ситуации выбор формы происходит с учетом отопительного периода и тепловых воздействий в течении наиболее холодной пятидневки, что позволит снизить затраты на отопление в холодное время года.

Таким образом самое важное при проектировании формы здания учесть все особенности климата, в котором планируется возведение здания, что позволит существенно повысить энергоэффективность здания и сократить потребление невозобновляемых ресурсов как при возведении, так и в процессе эксплуатации данного здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Савин В.К., Савина Н.В.* Энергетическая эффективность и формообразование зданий.// Вестник МГСУ, 2011. 152-157 с.
2. *Ким Д.А., Гиясов Т.Б.* Влияние объемно-планировочного решения здания на показатели энергоэффективности.// Инженерный вестник Дона, 2019. №1
3. *Шилкин Н.В.* Здание высоких технологий. АВОК №7, 2003.27 с.
4. *Головнев С.Г., Русанов А.Е.* Оценка влияния архитектурно-планировочных решений гражданских зданий на энергоэффективность.//Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, 2012. 74-75 с.
5. *Бушов А.В.* Объемно-планировочные решение и его влияние на энергетическую эффективность.// Academia. Архитектура и строительство, 2010. 251-252 с.
6. *Бадьин Г.М., Сычев С.А., Павлова Н.А.* Влияние качества проектных решений на энергоэффективность здания.// СПбГАСУ, 2014.

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗОН

При формировании жилых зон большое внимание уделяется организации общественных пространств. Согласно СП 42.13330 площадки общего пользования обязательно должны предусматривать выделение следующих функциональных зон: детских игровых площадок, площадок отдыха и занятий физкультурой взрослого населения, площадок для хозяйственных нужд и прочих.

Детская игровая площадка – это пространство, направленное на удовлетворение рекреационных и досуговых потребностей детского населения [1]. Традиционно проектирование детских площадок сводилось к размещению элементов детского уличного игрового оборудования. Каталог типовых решений малых архитектурных форм (МДФ) был единым решением для всей территории России. При этом в зависимости от выбранного наполнения выделяли два типа детских площадок:

- для конкретной возрастной группы;
- универсальная детская площадка, оборудованная МДФ для различных возрастных групп.

Современная детская площадка – архитектурно-градостроительное пространство, обладающее определенным набором функций, среди которых основными являются организация отдыха, развлечения и обучения [2]. При этом перед проектировщиком стоит задача спроектировать комфортное общественное пространство одновременно для различных возрастных групп (включая взрослое население) [3].

Современное проектирование детских игровых площадок требует учета комплекса требований, среди которых можно выделить визуальную привлекательность, функциональность, безопасность, экологичность и другие. Большинство из них получили актуальность лишь в последние десятилетия. В первую очередь это обусловлено тем, что теперь детские игровые площадки рассматриваются как неотъемлемая часть жилой зоны в частности и городского пространства в целом, обеспечивая весь комплекс требований к организации комфортного пространства [4, 5].

Среди удачных примеров современных детских игровых площадок в России можно выделить Площадки «Пирамиды» в ЖК Бунинские луга, «Оригами» в ЖК Саларьево парк.

В проектировании и организации детских игровых площадок можно

выделить следующие принципы:

- Многофункциональность. Способность пространства выполнять функции, необходимые для его эффективного использования. Этого можно добиться разными способами, но, как пример можно привести «Пиратский корабль» в Гайд-парке, Лондон, который в подробностях повторяет детали реального корабля. В России пример качественного и интересного воплощения образовательной функции-площадка «Стройка» в Нескучном Саду, Москва.

- Идентификация. Как способствование познанию себя и мира вокруг. Использование материалов и форм, часто встречающихся в повседневной жизни, а также обеспечение возможности активной коммуникации людей, пользующихся пространством.

-Инклюзия. Обеспечение равных условий пользования пространством для людей, обладающих разными возможностями. Создание универсальных и многофункциональных объектов, на эффективность использования которых не влияет рост, возраст и физическое развитие пользователя. В том числе создание среды, комфортной для маломобильных групп населения (МГН) [6].

-Индивидуальность. Уникальность среды, что-то, что отличает эту площадку от окружающего ее пространства и других площадок. Разнообразие увеличивает привлекательность пространств и расширяет простор для действий. Важно отметить, что повсеместное использование в этих целях «буйства красок» не приводит к нужному результату. Помимо цвета можно разнообразить формы и размер МАФ [7].

-Экологичность. Использование материалов в их естественном или приближенном к естественному виде не только повышает экологичность пространства, но и делает его более уникальным и привлекательным для детей. Сохранение на площадке растений [8] и естественного рельефа [9] экономит ресурсы и так же делает среду более разнообразной. Помимо этого, существуют широкие возможности для повторного использования различных материалов при создании детских площадок. Например, берлинская компания Berliner Seilfabrik создает свои игровые комплексы исключительно из вторсырья и натуральных материалов. Среди примеров в России стоит выделить игровую площадку «Салют» в Парке Горького, Москва (Richter Spielgeraete).

- Безопасность. Должны быть учтены требования по проектированию детских игровых площадок, прописанные в нормативных документах. Необходимо учитывать нагрузки на МАФ, что так же накладывает ограничение на использование типовых элементов, поскольку на разной территории будут разные климатические условия и разная загруженность пользователями. Кроме мер, принятых во время проектирования, владелец площадки обязан организовывать ежегодный

полный осмотр площадки и функциональный осмотр с периодичностью, установленной производителем, согласно ГОСТ Р 52301-2004 [5].

Следование данным принципам гарантирует создание комфортной и безопасной среды, привлекательной для всех групп населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Родионовская И.С., Трофимова Т.Е., Сорокоумова Т.В.* Детская рекреация в городской среде // Научное обозрение. 2016. № 11. С. 112-116.
2. *Рудницкая А.В.* Функциональные особенности проектирования детских площадок // Сборник докладов научно-технической конференции ДСН НИУ МГСУ. Москва, 2020. С. 773-775.
3. *Dorozhkina E.A.* Some trends in the formation of recreational spaces in urban development // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. С. 042079.
4. *Эллард К.* Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие М.: Альпина Паблшер, 2019. 288с.
5. *Варламов И.* 100 советов мэру. М.: Альпина нон-фикшн, 2020. – 464 с.
6. *Желнакова Л.В., Родионовская И.С.* Эко-доминантная составляющая проектирования дошкольных учреждений инклюзивной направленности в условиях урбосреды // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4 (34). С. 105-112.
7. *Dorozhkina E., Pastukhov A.* Features of the application of information modeling in the construction industry // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032235.
8. *Родионовская И.С., Дорожкина Е.А.* Экология урбанизированных территорий в аспекте "зеленой архитектуры" и благоустройства // Урбанистика. 2017. № 2. С. 11-19.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

В связи с ограниченной площадью в наши дни стало популярным строительство многоэтажных жилых домов, что привело к росту энергопотребления. Энергоэффективная политика же предлагает снизить затраты на эксплуатацию и улучшить экологию путем рационального использования источников энергии. Данная статья рассматривает четыре новых подхода по ее сбережению, которые набирают обороты по всему миру.

Материал с фазовым переходом (PCM) – это новый материал, способный к поглощению и высвобождению тепловой энергии при ее дефиците. Ограждающие конструкции с PCM накапливает избыток тепла днем и тратит ночью. Он может использоваться как добавка к традиционным строительным материалам, например к бетону или кирпичу, так и дополнительный слой внутри конструкции здания [1]. PCM также оказал свою эффективность и в условиях холодного времени года [2].

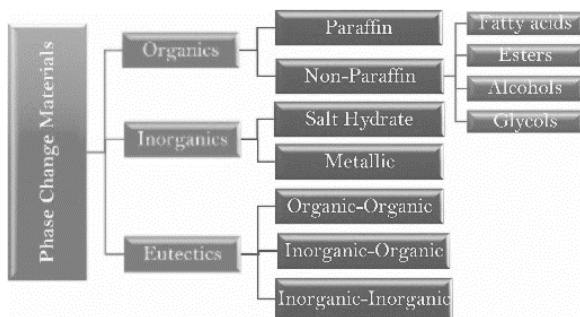


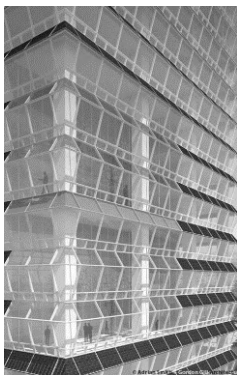
Рис. 8. Классификация PCM по происхождению

Энергетика солнца рассматривается как перспективный, экономичный и экологически чистый источник энергии, который в ближайшем будущем может заменить электростанции на ископаемом топливе. Фотоэлектрические модули (photovoltaic (PV) systems) для многоэтажных зданий могут обеспечить почти нулевое ее потребление. По методу интеграции солнечные панели делят на два вида:

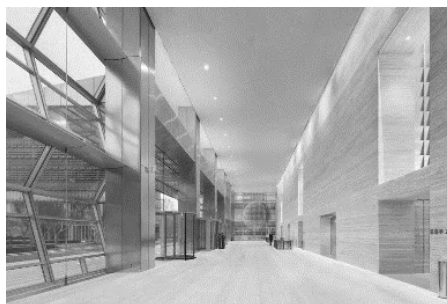
BIPV (Building Integrated Photovoltaics) – интегрированные в архитектуру ограждающих конструкций;

BAPV (Building Applied Photovoltaics) – установленные поверх ограждающих конструкций

Системы BAPV рассматриваются в строительстве как более привлекательные, так как могут устанавливаться не только на крыше, но и по всему фасаду, тем самым увеличивая КПД. Поэтому необходимо использовать прозрачные или полупрозрачные световые панели. Для таких окон используется BIPV на основе кристаллического или аморфного кремния, перовскита, теллурида кадмия и других материалов [3].



а



б

Рис. 2. Встроенные полупрозрачные фотоэлектрические модули на примере FKI Tower, Сеул

Конструкция двустенного фасада (Double-skin façade) представляет собой два стеклянных слоя с воздушной полостью между ними и интегрированными устройствами: вентиляторами, солнечными устройствами контроля или автоматическими



а



б

Рис. 3. Башня Мэри-Экс 30 как фасад «двойной кожи», Лондон

карнизами. Наружное или внутреннее остекление может быть как в виде одного слоя стекла, так и в виде стеклопакета. Само воздушное пространство варьируется от 20 см до 2 м [4]. Поток воздуха между слоями стекла может возникать естественным путем (пассивная вентиляция), механическим (активная вентиляция) или гибридным. Таким образом, двустенные фасады снижают потребность в охлаждении и обогреве, регулируя тепловую нагрузку в любое время года.

Вертикальное озеленение фасадов (Vertical Greenery Systems – VGS) и кровель зданий могут использоваться в качестве пассивной системы энергосбережения. Механизм заключается в поглощении растительностью солнечной радиации и охлаждении ограждающих конструкций в процессе транспирации, что особенно эффективно в странах с жарким климатом. Кроме этого, зеленый фасад очищает воздух от пыли, CO₂ и звукового загрязнения [5].



Рис. 4. Bosco Verticale,
Милан

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Oudama A.-Y., Szabo M.* Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis // *Journal of Building Engineering*. 2021. Vol. 36.
2. *Kong X., Wang L., Li H., Yuan G., Yao C.* Experimental study on a novel hybrid system of active composite PCM wall and solar thermal system for clean heating supply in winter // *Solar Energy*. 2020. Vol. 195.
3. *Reddy P. u др.* Status of BIPV and BAPV System for Less Energy-Hungry Building in India—A Review // *Applied Sciences*. 2020. Т. 10. № 7. С. 2337.
4. *Gubina E.* A Thermal Review of Double Skin Facades: Wein, 2021. 152 с.
5. *Al-Kayiem H.H. u др.* A Comparative Review on Greenery Ecosystems and Their Impacts on Sustainability of Building Environment // *Sustainability*. 2020. Т. 12. № 20. С. 8529.

КИТЧ, МИД, АРТ- КУЛЬТУРА В АРХИТЕКТУРЕ, ИХ ВОПЛОЩЕНИЕ

Архитектура является одной из созидательных деятельностей человека, где творец воплощает свои идеи в материальном представлении. [1]

В любой творческой активности автор предопределяет к какой аудитории обращена его идея. В зависимости от образованности целевой аудитории сформировалось подразделение общества на три уровня культуры:

Китч-культура – Самый низкий уровень, не требующий знаний, понятный на инстинктивном уровне.

МИД-культура – Средний уровень, которые подразумевает обладание какими-либо знаниями, опытом, оценочными умениями.

Арт-культура – Самый высокий уровень, доступный только «элитарному» обществу; полагает, что наблюдатель обладает обширным запасом знаний в различных областях, способен мыслить и применять свои познания.[2]

-Существует ли подобное разделение в архитектуре?

Первоочередная задача архитектуры, как ремесла – создание среды обитания человека.[3] Люди проживают в домах, дома формируют города. А то, как выглядят сооружения и их упорядоченность, напрямую зависит от задумок архитекторов и градостроителей, поэтому зодчество является творческим процессом. Из этого следует, что в архитектуре возникает разделения общества на культурные уровни.

Определим какие черты характеризуют тот или иной культурный уровень в архитектуре:

Китч – ничто иное, как возможность восприятия прямого назначения сооружения.

МИД – на этой ступени появляется оценка таких параметров, как: эстетической составляющей, органичности сооружения с окружающей средой, его экстравагантность, ассоциативность с простыми геометрическими объектами и т.д.

Арт – представители этого слоя способны узреть истинную идею творца, посредством анализа исторических составляющих сооружения: эпохи создания, биографии архитектора, обстановка в стране этого периода и т.п.. А также оценить применяемые конструктивные системы и сложность их реализации.

Конечно, нельзя утверждать, что все архитекторы и проектировщики задумывают особый смысл, направленный на конкретный слой, который

обязательно необходимо «отыскать» в их работе. Под идеей понимается то к чему стремился создатель. Но зачастую наши современники, обладающие клиповым мышлением не способны узреть связь даже в простых вещах, поэтому многим кажется, что искусство – однообразный, и вовсе, не увлекательный род деятельности и архитектура в частности: «Дом и дом, пирамида и пирамида, башня и башня» - пример рассуждения обывателя. Такой подход не имеет развития, и это ведет к разрушению человеческой цивилизации. Важно учиться мыслить! Стремление личностей к арт-культуре, возвысит человечество. «Вся наука является не чем иным, как усовершенствованием повседневного мышления.» - Альберт Эйнштейн. [4]

Завершая тему, выделю основные идеи одного из архитектурных стилей:

Древнеегипетский стиль:



Рис.1. Пирамида Хеопса - крупнейшая из египетских пирамид; единственное сохранившееся «чудо света». Дата постройки: 4 династия (ок.2560г. до н.э.) Арх.: Хемун. Высота: 137 м [5]

Характерные черты: Монументальность; правильные геометрические формы; крупномасштабность; наличие иероглифов на стенах.

Пример моих рассуждений: Почему же именно такие черты приобрели их строения?

Людей той эпохи заботил вопрос жизни после смерти. Такой подход предполагал наличие какого-то трансцендентного существа, возможно, именно поэтому, стремясь направить душу, умершего царя в дуат (Дуат – в мифологии Древнего Египта загробный мир).

В связи с этим создавались пирамидальные сооружения (пирамида своим окончанием устремлена ввысь, к дуату). Существовала система символики, изображаемая на ограждающих конструкциях, которая передавала знания, вопросы, пророчества и т.п. Мотивы этого орнамента символичны, так например – солнечный диск, символизировал бога солнца Ра; лотос – священный цветок, олицетворяет все самое прекрасное и «чистое» и т.д. Данные символы дают возможность определить духовную направленность этого народа. Помимо сакрального смысла такие грандиозные постройки могли иметь политэкономический смысл, подобные объекты наглядно демонстрировали техническую мощь государства и восхваляли своего правителя.

Веда подобное рассуждение, знания приобретают истинную ценность и делают среду вокруг интереснее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архитектура //Архитектура // Большой Энциклопедический словарь (рус.). — 2000.
2. *Смольская Е.П.* «Массовая культура»: развлечение или политика? — М.:Мысль,1986. с.54-58
3. Архитектура // Новая иллюстрированная энциклопедия. Кн. 2. Ар-Би. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2002. — 256 с.: ил. — С. 21—22
4. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. -Собр. научных трудов, т. 4. М., 1967. с. 200
5. *Замаровский В.* Их величества пирамиды. Пер. со словацкого. О.И. Малевича. Послесл. Н.С. Петровского. М., Главная редакция восточной литературы издательства «Наука»,1981. с.279

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Современные архитектура и строительство уделяют большое внимание разработке новых типов энергоэффективных зданий, которые в процессе своей эксплуатации в значительной степени уменьшают потребление энергии, прямо и косвенно положительно влияя на качество природной окружающей среды. К энергоэффективным зданиям прежде всего следует отнести так называемые «пассивные» дома, т.е. такие, в которых для поддержания комфорта внутреннего микроклимата используются «пассивные», или «естественные», средства климатизации. Это архитектурные и конструктивные решения повышения их энергетической эффективности [1, 2, 4, 5].

Энергоэффективные здания в целом подразделяются на две основные категории:

1. Здания, имеющие полную, или близкую к ней, изоляцию внешних ограждающих конструкций от воздействия окружающей среды (например, полностью или частично заглубленные в землю дома и т.д.);

2. Здания, использующие энергию, полученную от внешних природных источников (солнца, ветра и т.д.). Такие дома обычно называют «солнечными». Например, солнечная радиация может использоваться либо для выработки электроэнергии с использованием солнечных коллекторов (батареи), либо в виде тепла, прямо используемого или накапливаемого благодаря соответствующим архитектурно-конструктивным решениям зданий. Это здания с использованием так называемых «стен Тромба», пристроенных зимних садов, оранжерей или теплиц, и т.д. Такие здания представляют наибольший научный интерес для современных архитектурно-строительных исследований [3, 5, 6].

Многообразие архитектурных и конструктивных решений в этой области делает необходимым проведение сравнительного анализа состояния внутренней среды в энергоэффективных зданиях «пассивного» типа. В данном случае, вследствие разнонаправленного изменения параметров различных микроклиматических режимов, не следует ожидать нахождения идеального варианта архитектурно-конструктивного решения рассматриваемых зданий. Очевидно, что такой вариант будет просто оптимальным и может быть приближен к идеальному только в случае частичного использования «активных», или «искусственных» методов климатизации режимов внутренней среды.

Например, улучшение теплоизоляции всего внутреннего объема зданий предполагает уменьшение площади светопроемов, что ведет к снижению уровня внутренней естественной освещенности. Следовательно, в этом случае резонно применить систему дополнительного искусственного освещения, т.е. эпизодически использовать активный метод климатизации, и т.д.

Сравнительный анализ некоторых типов «пассивных» зданий по критерию качества отдельных микроклиматических режимов представлен в общем предварительном виде в таблице 1 [4, 5, 6, 7, 8, 9]. В соответствии с данными этой таблицы при общей интегральной оценке качества внутренней среды в рассматриваемых зданиях, осуществленной по традиционной 3-бальной шкале, оптимальным решением является полуподземное здание, частично заглубленное в пересеченный рельеф местности.

Таблица 1

Сравнительный анализ качества внутренних микроклиматических режимов некоторых типов энергоэффективных зданий

п / п	Типы рассматриваемых зданий	Оценка физико-технических характеристик					средняя оценка
		Естественное освещение	теплоизоляция	Естественная вентиляция	теплоизоляция	звукоизоляция	
	2	3		5			8
	Подземные здания	2,0	,0	1,0	,0	,0	2,0
	Частично заглубленные здания	2,0	,0	2,0	,0	,0	2,2
	Здания в горных склонах	1,0	,0	1,0	,0	,0	2,0
	Здания со стеной Тромба	1,0	,0	2,0	,0	,0	1,8
	Здания с зимними садами или оранжереями	2,0	,0	2,0	,0	,0	2,0

Примечание. Анализ и сравнение характеристик проводится по 3-бальной шкале оценок на основе ряда объективных и субъективных исследований. 1 балл соответствует низкой оценке, 3 балла соответствует высокой оценке.

Выводы:

1. Наиболее целесообразным решением энергоэффективного здания является его «пассивный» тип с возможностью частичного эпизодического использования элементов активной климатизации, к которым прежде всего относится система дополнительного искусственного освещения и искусственной вентиляции помещений.

2. При общей оценке качества внутренней микроклиматической среды следует использовать метод оптимизации, учитывающий весь комплекс действия параметров микроклиматических режимов и частое противоречие этих действий один другому.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гусев Н. М.* Основы строительной физики. М.: Стройиздат, 1975. 440 с.
2. *Соловьев А. К.* Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2014. 342 с.
3. *Харкнесс Е., Мехта М.* Регулирование солнечной радиации в зданиях. М.: Стройиздат, 1984. 176 с.
4. *Стецкий С. В., Серов А. Д.* Особенности создания комфортного микроклимата в административных зданиях для климатических условий стран Ближнего Востока // ПГС. 2017. N 12
5. *Соловьев А. К.* «Пассивные дома» и энергетическая эффективность их отдельных элементов // ПГС. 2016. N 4
6. *Палагин А. В., Стерхов А. И., Корепанов Е. В.* Сравнение систем естественного освещения зданий по функционально-энергетическим факторам // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. N 2 (24)
7. *Кноор N.* Visual health and environmental benefits of windows. New eye on existing buildings // 5th “Velux” Daylight Symposium, May 2013. The Royal Danish Academy of Fine Arts. School of Architecture, Copenhagen, Denmark
8. Solar shading for low-energy buildings // European Solar-Shading Organisation Report, 2012. Edition 1, Meise, Belgium
9. Understanding overheating – where to start. A guide for house builders and designers // NHBC Foundation Report. Milton Keynes, Great Britain, 2012

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИРПИЧА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Кирпичная кладка на протяжении длительного времени продолжает использоваться в строительстве. Кирпич имеет различные структуры поверхности, формы, цвета, способный при различных сочетаниях, вариантах и видах кладки разрабатывать модернизированные варианты архитектурных решений [1,2,3,4,5,6].

Жилой комплекс - Westkaai Towers, в который входит шесть башен, один из ярких проектов в котором использован кирпич. Избежать повторения рисунка фасадов и монотонности, требуемой городским дизайном, помогают разные способы кладки (Рис. 1 и 2).

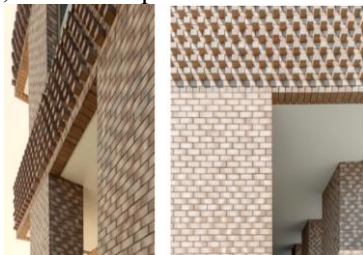


Рис. 1. Кирпичная кладка фасада



Рис. 2. Фасад

Westkaai Towers 6

Стены выполнены из кирпича, уложенного в различных направлениях. Этот прием придает монументальному зданию индивидуальность, скульптурность. Кроме того, неоднородность клинкерного кирпича дает тонкое различие в цвете между парой. Пятая башня - желтого цвета, а шестая башня - красного. Еще одним отличием башен друг от друга являются вертикальные выступы над линией крыши шестой башни, издавлека напоминающих корону. С архитектурной точки зрения угловые колонны дают обзор лишь на 270 градусов, но визуально делают здание менее скульптурным, что позволяет уйти от классической «угловатой» формы здания.

Также интересным примером использования кирпича является проект реконструкции церкви Виланова-де-ла-Барка в Каталонии построенной в XIII в (Рис.3). Во время гражданской войны в Испании в 1936 году церковь сильно пострадала. С тех пор от церкви сохранились только апсида, некоторые фрагменты нефов и западный фасад. В 2009 году

архитекторы предложили восстановить первоначальный облик церкви и преобразовать ее в новый многоцелевой зал.



Рис. 3. Церковь Виланова-де-ла-Барка

Строительный материал из кирпича играет важную роль в этом сложном процессе реконструкции. Снаружи восстановлено восприятие старой церкви за счет кирпичной кладки с двойной обшивкой со слабым смещением, а внутри здания проект усиливает проникновение естественного света за счет новых окон и слоя пустотелого блочного кирпича. Этот проект демонстрирует универсальность и адаптируемость кирпича как строительного материала, устанавливает архитектурный диалог между старым и новым, прошлым и настоящим.



Рис. 4. Многофункциональный коммерческо-офисный дом, г. Хамадан: а- общий вид, б –кладка кровли

Применив кирпич, архитекторы Ахмад Батайеи и Фаршад Мехдизаде создали впечатляющий объект, с крышей волной ставшей продолжением тротуара (Рис.4). Известный архитектор Фрэнк Гери также не обошел своим вниманием кирпич, используя его для своего шедевра, создав сложную рельефную поверхность фасада (Рис.5).

Множество архитектурных объектов выполненных из кирпича разбросаны по всему миру, что обусловлено наличием большого количества месторождений глины. Кирпич является универсальным материалом: его можно использовать не только для строительства зданий и сооружений, но также перекрывать крыши, мостить улицы. Благодаря свойствам, разнообразию форм и цветовых характеристик, возможности кирпича настолько разнообразны, что архитекторы продолжают использовать его в своих проектах.



Рис. 5. Здание бизнес-школы
Технологического университета
Сидней, Австралия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

6. Лапунова К.А., Мычка И.Ю. Керамический кирпич в архитектурном декоре, скульптуре и ландшафтном дизайне // Молодой исследователь Дона. - 2017. №5 (8). С. 78-83.
7. Ларионова К.О., Савина Н.В., Соловьев К.А., Степанова Д.С., Стецкий С.В. Основы архитектуры и строительных конструкций // Учебник / М. 2017. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (1-е изд.)
8. Вечкасова Е.Н., Трифонова Е.А. Использование кирпичной кладки в современном дизайне и строительстве. Перспективы использования декоративной кладки // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. - 2018. № 4(49)
9. Гинзбург В.П. Керамика в архитектуре: Монография // М.: Стройиздат, 1983. 200 с
10. Brick 18: Outstanding International Brick Architecture // Publisher :Park Books (August 15, 2018)
11. Architecture Review Flanders N 12. Tailored Architecture //Publisher : Vlaams Architectuur Instituut (July 6, 2016)
12. The Old Church of Vilanova de la Barca [https://www.brickaward.com/Winners/Special_Prize_Winner_The_Old_Church_of_Vilanova_de_la_Barca_Spain.html]
13. Кирпичи. Интересней, чем кажутся. [http://archibird.ru/blog/850/]

Студент 2 курса 13 группы ИСА Скок К.И.

Студент 2 курса 13 группы ИСА Сидоров Р.Е.

Научный руководитель – ст. преподаватель К.О. Ларионова

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В МИРЕ

В мире все больше возникает спрос на малоэтажное строительство, однако, в различных странах свои особенности строительства [1,2,3].

В России традиционно дома возводились из дерева, кирпича, но в последнее время всё чаще наблюдается использование блочных материалов, например газобетона, а также все большую популярность набирает каркасная и каркасно-панельная технологии строительства.

Если сравнивать с американской технологией, то отличие в используемом материале для возведения самого каркаса или же стен. Американцы в основном строят каркасные дома состоящего из рам сделанных из дерева, на эти рамы закрепляются листы фанеры или же стружечные плиты. Между рамой и фанерой располагается утеплитель. Такой тип дома имеет свои плюсы и минусы, стены не требуют мощного фундамента, однако обслуживать такие дома приходится дороже, потому что летом тяжело понизить температуру, зимой, добиться высокой. В отличие от домов из кирпича, средний срок службы каркасных домов 40-50 лет.

В Европе дома возводятся в основном из тёплой керамики и камня, используется много утеплителя, в связи с чем толщина стены достигает 700-800мм. В качестве блочного устройства принимают шлифованные поризованные блоки. Скандинавская технология строительства каркасных домов - монтаж сплошной плиты фундамента с водяными теплыми полами. Основа под плиту представляет собой ребра каркаса, на которые устанавливаются стены дома и монтируются фермы кровли. Независимо от погодных условий, заливается фундамент в котором впоследствии устанавливают тёплые полы. Чаще всего монтируются плавающие полы, это улучшает изоляцию дома от холодного грунта. Далее происходит стандартная установка перегородок, утепление стен, происходит монтаж инженерных систем и коммуникаций.

Финские дома строятся по деревянному каркасу, фундамент делают мелкозаглублённым, столбчатым или на винтовых сваях. Чаще всего строятся одноэтажные строения, потому что для более тяжёлых строений в качестве фундамента используется вариант шведской плиты, его особенность в том что он усилен рёбрами жёсткости. Каркас по верхней части обвязывается ригелем, что позволяет равномерно распределить нагрузку от кровли на фундамент. Сама кровля является самонесущей,

так как устроена на фермах. Окна выполнены из дерева со стеклопакетами. Основное преимущество финского дома перед остальными является его экологическая безопасность, так как он не несёт в себе синтетических материалов, низкая стоимость, высокая скорость сборки и простая технология строительства так же теплоэффективность дома тоже является высокой, приходится меньше затраты на эксплуатацию и ремонт (Рис.1).



Рис. 1. Конструкция дома по финской технологии

Канада и Япония также не уступают в строительстве малоэтажных жилых зданий остальным странам. В Канаде 76% жилых домов, коттеджей построено по деревянно-каркасной технологии. Именно Канадская технология занимает лидирующее место в мире по скорости возведения здания и индивидуальное домостроение (Рис.2).

В Японии же всё строительство зависит от самого заказчика, например, японский строитель жилых домов предлагает свыше 200 различных вариантов только стандартного дизайна для фасадов и планов этажей здания.

Проанализировав и сравнив особенности возведения и конструктивные решения малоэтажных зданий, возводящихся в мире, можно сделать вывод, что в каждой технологии есть свои плюсы и минусы, и зачастую минусы нивелируются регионом строительства.



Рис. 2. Схема канадской технологии.

При проектировании зданий важно не только выбрать технологию строительства, современное здание должно быть энергоэффективным [4,5]. В малоэтажном строительстве более чем в других отраслях строительства активно распространяется «зеленая» архитектура. На первый план выходят проекты домов, которые стремятся буквально стать частью природы (Рис.3).



Рис. 3. Пример малоэтажного здания с зеленой кровлей.

Отрасль малоэтажного строительства как всё строительство в целом стремительно развивается, что позволяет создавать новые рабочие места, новые стандарты, передовые технологии и сложные архитектурные решения, и самое главное – воплотить в реальность все задумки человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *А.Н. Асаул, Ю.Н. Казаков, Н.И. Пасяда, И.В. Денисова* Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России Под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула // СПб.: Гуманистика. 2005. 563с..
2. *Ларионова К.О., Савина Н.В., Соловьев К.А., Степанова Д.С., Стецкий С.В.* Основы архитектуры и строительных конструкций // Учебник / Москва, 2017. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (1-е изд.)
3. *Никонова Е.В.* Сравнительный анализ возведения различных видов перекрытий в малоэтажном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2019. №9 (60). С. 67.
4. *Соловьев А. К.* «Пассивные дома» и энергетическая эффективность их отдельных элементов // ПГС. 2016. N 4
5. *Ким Д.А., Гиясов Т.Б.* Влияние объемно-планировочного решения здания на показатели энергоэффективности.// Инженерный вестник Дона, 2019. №1

Студент 2 курса 13 группы ИСА Степанов Е.В.

Студент 2 курса 13 группы ИСА Шабардин Е.Д.

Научный руководитель – ст. преподаватель К.О. Ларионова

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ СТАНЦИИ ЛОСИНООСТРОВСКАЯ МЦД-5

Сегодня приоритетная задача любого большого города – это развитие транспортной инфраструктуры. МЦД (Московские центральные диаметры) - один из таких сложных и крупных проектов, который поможет связать сеть железнодорожных маршрутов, образуя новое надземное метро.

Диаметры соединят пути пригородных электропоездов и образуют новый контур для экономического роста и связи районов города, а значит, создаст увеличение движения людских потоков [1, 2, 3, 4, 5]. Именно поэтому станции нового вида транспорта в процессе его запуска будут реконструированы.

В нашем случае в качестве объекта исследования была выбрана будущая станция МЦД-5 – Лосиноостровская, расположенная на стыке двух районов Ярославского и Лосиноостровского в городе Москве.

Задачами исследования являются: анализ движения людских потоков, оценка комфортности и доступности будущей станции МЦД-5 Лосиноостровская и ее связь с другими видами транспорта. В ходе исследования проведено визуальное обследование местности, собраны эмперические данные, выявлены основные недостатки и предложены меры по их устранению (Рис.1).



Рис. 1. Визуальное обследование станции «Лосиноостровская»

На основе собранных данных и итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В результате подсчета и соотношения данных с графиком зон движения людских потоков (рис. 3 [1]) в часы пик плотность пассажиропотока на горизонтальном участке надземного железнодорожного перехода приобретает поточное свободное движение - $0,2 \frac{\text{чел}}{\text{м}^2}$. На участках сужения в зоне турникетов возникает слитное движение - $0,85 \frac{\text{чел}}{\text{м}^2}$, на лестницах плотность людского потока в среднем составляет $0,4 \frac{\text{чел}}{\text{м}^2}$ - движение без контактных помех. При плотности $D > 0,15 \frac{\text{чел}}{\text{м}^2}$ участник движения начинает чувствовать, что ему мешают соседи по потоку, а в зоне от $0,8 \frac{\text{чел}}{\text{м}^2}$ возникают контактные помехи, отсутствие личного пространства. Высокая плотность людских потоков вызывает задержку движения, делает передвижение пассажиров менее безопасным, особенно в условиях пандемии. Для предотвращения большого количества людей принимают радикальное разделение путей движения во времени и пространстве планировочными и конструктивными решениями.

2. Из визуального обследования территории выяснилось, что станция «Лосиноостровская» полностью непригодна для передвижения маломобильных групп населения. Станция не оборудована лифтами и специальными подъемниками, а из-за проникновения осадков и предельного уклона пандуса передвижение по надземному железнодорожному переходу не представляется возможным. Станция не имеет прямого выхода с первой платформы на надземный переход. Его отсутствие создает «перепробег» людских потоков, в среднем увеличивая время передвижения пассажира на 2 минуты. Беспорядочно расположенные торговые ряды становятся преградой для нормального функционирования станции и пересадки на автобусы.

3. Согласно СП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» время пересадки пассажиров не должно превышать 3 мин без учета времени ожидания транспорта. Пересадка со станции «Лосиноостровская» - автобусная остановка «Лосиноостровская» занимает 1 мин 25 с, что полностью удовлетворяет требованиям.

Для улучшения движения людских потоков на станции «Лосиноостровская» необходимо предпринять ряд мероприятий:

- построить дополнительный выход к надземному железнодорожному переходу с первой платформы и соединить его со станцией;

- усовершенствовать пропускную способность турникетов и пользование тарифным планом;

- оборудовать надземные переходы лифтами для маломобильных групп населения;
- ограничить проникновение осадков на надземный железнодорожный переход и подъемов к нему, сделать единую систему передвижения по принципу «сухие ноги»;
- убрать беспорядочную торговлю, организовать единую торговую и офисную зону.

Анализ движения людских потоков показывает, что станция «Лосиноостровская» не удовлетворяет всем требованиям доступности и комфортности. Для экономического развития района, транспортной привлекательности, вхождения станции в состав «МЦД-5» и увеличения пассажиропотока необходима реконструкция станции.

Правительство Москвы утвердило проект реконструкции станции. Надеемся, что реализация данного проекта устраним выявленные проблемы. Грамотный анализ движения людских потоков и реконструкция станции «Лосиноостровская» дадут новую жизнь близлежащим территориям, соединят два района удобным надземным переходом и образуют эффективный транспортно-пересадочный узел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дмитриев А.С.* Формирование критериев комфортности пешеходного движения в транспортно-пересадочных узлах // Промышленное и гражданское строительство. 2018. 61-66 с.
2. *Дмитриев А.С., Евстигнеев В.Д.* Транспортно-пересадочные узлы, проблемы организации движения людских потоков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. С. 60-64.
3. *Дмитриев А.С.* Людские потоки в транспортно-пересадочных узлах // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 15.
4. *Холщевников В.В.* Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: дис. ...д-ра тех. Наук. М., 1983. 479 с.
5. *Предтеченский В.М., Милинский А.М.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Стройиздат, 1979. - 375 с.
6. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС Степанов К.В.

Студентка 4 курса 4 группы ИГЭС Аверьянова А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Е.А. Дорожкина

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ С РАЗВИТОЙ ЗАГЛУБЛЕННОЙ ЧАСТЬЮ

Высокие темпы освоения градостроительного пространства и значительные ограничения территориального ресурса в границах городского населенного пункта ведут к необходимости использования подземного пространства. Существенно ужесточаются требования по обеспеченности местами хранения автомобилей, объектами социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры [1].

Вопрос использования подземного строительства впервые осознанно был поставлен в XX веке. Однако большинство проектов так и не были реализованы .

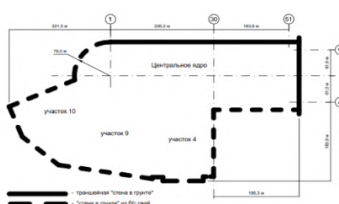
Сегодня подземное строительство является наиболее важным аспектом при проектировании любого современного жилого комплекса, торгового центра или административного здания. Сейчас это то, без чего невозможно представить ни один современный проект.

Развитие научных технологий путем создания программ и расчетных комплексов [3], позволяющих проводить расчеты в области подземных сооружений, расширило возможности в строительстве [4] и дало этому направлению новый импульс.

Среди наиболее известных объектов с развитой заглубленной частью можно отметить центральное ядро ММДЦ «Москва-Сити», ТРК «Охотный ряд » на Манежной площади, Международный отель «Ritz Carlton», Подземная стоянка на площади Революции и другие.



а



б

Рис. 1. Центральное ядро МДЦ «Москва-Сити»:

а) общий вид, б) план подземной части

Согласно намеченным перспективам использования подземного пространства в градостроительной политике намечено два основных направления:

- массовое строительство объектов с развитой заглубленной частью;
- уникальные объекты общегородского значения.

При этом значительные ограничения в освоении подземного пространства имеют геологические и гидрогеологические условия территории застройки. Таким образом, согласно имеющейся статистике менее 30% строящихся в городе объектов различного назначения имеют функционально используемую подземную часть.

По функциональному назначению объектов капитального строительства с развитым подземным пространством в их структуре, в процентном соотношении от общего количества объектов данного функционального назначения в следующем соотношении:

- 30% объектов - предприятия обслуживания;
- 30% объектов - хранилища и архивы;
- 70% объектов - гаражи и парковки;
- 80% объектов - склады.

Ограничение в функциональном использовании подземных пространств обусловлены невозможностью соблюдения требований к качеству внутренней среды, в особенности уровня освещенности, инсоляции и визуального контакта с внешней средой [5], нормативно определенных для различных категорий зданий. Активное развитие заглубленной части под комплексной застройкой с последующим формированием стилобатной части повышает функционал градостроительного пространства, обеспечивая возможность формирования эксплуатируемых искусственных оснований [6, 7], в том числе с последующим их озеленением, повышая качество застройки.

Проектирование зданий с развитой заглубленной частью требует применение особых конструктивных и технологических решений. Среди современных методов выделяют:

- устройство «стены в грунте»

Его популярность создала огромное поле для различных нововведений. Одним из примеров способов усовершенствования метода является устройство так называемых Т-образных подпорных стен, или ограждений с контрфорсами. Такие конструкции используют при значительных глубинах и площадях котлованов. -метод «top-down»

При данном методе проходка котлована ведется сверху вниз, предусмотрена поярусная разработка грунта. Такой способ строительства подземных сооружений позволяет вести работу на

ограниченном пространстве.

Применение различных методов строительства подземных сооружений становится все более актуальным вследствие увеличения стесненности условий строительства. Территориальные ресурсы неумолимо сокращаются, и освоение пространства под уже имеющимися сооружениями является наиболее перспективным направлением в строительной сфере. Совершенствование существующих и появление новых методов подземного строительства постепенно станет приоритетной задачей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Травуш В.И., Шулятьев С.О.* История развития высотного фундаментостроения в России // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №10. С. 8-16.
2. *Касьянов Н.В.* О некоторых тенденциях в современной имиджевой застройке Москвы, Санкт-Петербурга и Владивостока // Современная архитектура мира. 2017. № 8. С. 109-147.
3. *Dorozhkina E., Pastukhov A.* Features of the application of information modeling in the construction industry // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032235.
4. *Pastukhov A.V., Dorozhkina E.A., Leskovskii I.P.* Product lifecycle management concept in modern industry // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 42075.
5. *Соловьёв А.К.* Естественное освещение подземных пространств // Светотехника. 2018. № 2. С. 70-74.
6. *Попов А.В., Сарвут Т.О., Слепченко А.Н.* Применение эксплуатируемых зеленых покрытий (на примере микрорайона Северное Чертаново) // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 244-247.
7. *Гясов А.И., Бахтина А.А., Гулямов Б.А.* Биоархитектура - современный взгляд на подземное строительство // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1 (52). С. 198.

*Студентка 2 курса 16 группы ИСА Суворова А.Н. ,
Студент 2 курса 16 группы ИСА Черный И.А. ,
Студент 2 курса 16 группы ИСА Николенко Д.М.
Научный руководитель – доц. канд. тех. наук. доц. А.Н. Нестерова*

ИСТОРИЯ СТРЕЛЬЧАТЫХ АРОК, РАЦИОНАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ

Первые арки начали возводить еще в Древнем Египте. В Римских и Греческих зданиях элементы арок так сильно засели, что стали неотъемлемым элементом архитектуры зданий и сооружений. Со временем изменялись строительные материалы и технологии, используемые при возведении, формулы, по которым производились расчеты, но характерный изгиб арки оставался неизменным.

Стрельчатая или ломаная арка - разновидность архитектурной арки, представляющая собой фигуру из двух полукруглых арок, пересекающихся под некоторым углом. Такая арка, является значимым строительным приёмом готической архитектуры. Мы можем её увидеть во многих соборах эпохи средневековья.

Зарождение стрельчатой арки относится к VI веку, когда её постепенно начали применять на основе специальных расчётов в архитектуре Каира. С VII века стрельчатая арка использовалась архитекторами Александрии.

Считается, что первыми позаимствовали и применили стрельчатую арку зодчие Клунийского аббатства, создавшие свою архитектурную школу.

Тем не менее, стрельчатая арка в нашем понимании плотно связана с готической архитектурой и всеми её представителями: пламенеющая готика, Мануэлино, Исабелино, Зондерготика и другие.

Отдельно можно выделить Неоготику, также нёщую в себе стрельчатые арки как основу, но веками её популярности явились уже 18 - начало 20 вв. Как пример, её мы можем лицезреть в Нью-Йорке. Бруклинский и Манхэттенский мосты, соборы святого Патрика и Иоанна Богослова, и многие другие здания, построенные в бурно развивающемся в 19-20 вв. городе.

В России была своя готика, называемая русской псевдоготикой. Это был романтизм, модерн, классицизм или иные стили с совсем условными элементами готики. Но чаще всего это была эклектика со стрельчатыми арками. Чесменская церковь в Санкт-Петербурге, Царицыно и Екатерининская церковь в Кремле в Москве являются отличными примерами.

В разные времена использовались разные методы и материалы для возведения арок. В средневековье арки возводились из камня. Возведение конструкции начинается с установки деревянных кружал, на которые свод опирается в процессе строительства. В конце выкладки арки в вершине вставляют замковый камень, имеющий форму клина, который запирает другие камни и уравнивает баковой распор криволинейного перекрытия, отчего вся конструкция приобретает прочность. После завершения кладки кружала разбираются.

С развитием технологий начали использовать современные материалы, так в последнее время часто возводят стрельчатые арки из клеёного бруса или металлоконструкций.

Арки, в том числе стрельчатые, чаще всего относят к трём типам статической работы: статически определимая трёхшарнирная, единожды статически неопределимая двухшарнирная и трижды статически неопределимая бесшарнирная арка. Расчёт начинается с определения опорных реакций, где для любого типа арки действует универсальная формула для расчёта распора:

$$F_h = \frac{kM_c^0}{f}, \text{ где:}$$

M_c^0 – момент в середине балки аналогичного с аркой пролёта.
 f – стрела подъёма арки.

k – коэффициент, учитывающий геометрические и физические характеристики арки.

Стрельчатая арка отличается часто большей высотой подъёма в сравнение с большинством остальных. Поэтому, исходя из формулы, и сила распора у неё будет меньше, соответственно потребуется менее массивное основание.

Стрельчатые арки применяются и в современных строениях. Чаще всего, правда, это не проёмы в стенах, как в строящемся национальном стадионе в городе Кот-д'Ивуар, а своды крыш в форме стрельчатых арок, какие мы можем увидеть в таких зданиях как: Даниловский рынок в Москве, оперные театры Сиднейский и Аудиторио-де-Тенерифе, храм Лотоса в Нью-Дели и другие.



а



б



в

Рис 1. Здания со стрельчатыми арками:

- а) Бруклинский мост, Нью-Йорк, б) Чесменская церковь, Санкт-Петербург, в) Сиднейский оперный театр, Сидней

Помимо этого, набирает популярность строительство частных домов, конструкция которых представляет собой сплошную арку. Так, белорусская компания Tamago разработала дизайн частного домостроения, основанного на сборной конструкции балок из фанеры. Такие дома энергоэффективны и экономически обоснованы, так как имеют меньшее количество узлов, более ветроустойчивы и имеют меньший вес, а все основные элементы быстросборные и типовые. У авторов есть и проекты мансард со стрельчатым покрытием много- и средне этажных домов, а также объектов общепита, на основе той же технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шуази, Огюст.* История архитектуры / пер. с фр. Е. Г. Денисовой. - М.: Издательство Всесоюзной академии архитектуры, 1937. - Т. II. - 694 с.
2. *Власов В. Г.* Новый энциклопедический словарь изобразительного искусства. В 10 т. — СПб.: Азбука-Классика. — Т. III, 2005. — С. 656
3. *Н.В. Лебедева.* Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции – Москва: Издательство “Архитектура-С”, 2007. – С.27.
4. *Виолле-ле-Дюк, Эжен Эмманюэль.* Энциклопедия готической архитектуры / пер. с фр. С. Баталина. — М.: ЭКСМО — Наше слово, 2013. — С. 335—348. — 512 с.
5. *Г.Н. Шмелев.* Деревянные конструкции. Круговая и стрельчатая клееные арки. Конструирование и расчет. Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2016. – 124 с.

Студентка магистратуры 2 года обучения 5 группы ИСА Терешко Ю.С.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. А.А. Бенуж

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЙТИНГ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

Аннотация. В 2019 году были сформулированы 9 приоритетных задач, а в этом году началась работа по практическому их воплощению в тесном взаимодействии между бизнесом и научной и природоохранной общественностью. В рамках рейтинга открытости экологической информации WWF России также вводится специальный критерий, касающийся корпоративных программ сохранения биоразнообразия. По состоянию на этот год уже 13 компаний имеют в том или ином виде такие программы.

Введение. Вторая половина 20 века характеризуется стремительным технологическим развитием человеческого сообщества. Разработки новых материалов, достижения в области получения, использования и передачи энергии, освоения и переработки огромных объемов информации позволили говорить о новой промышленной революции и коренном изменении среды жизнедеятельности человека. Конечно, нельзя не отметить, что 2020 год ознаменовался беспрецедентным количеством резонансных аварийных ситуаций. Разлив дизельного топлива на Таймыре показал нам всем в очередной раз, каковы могут быть последствия ошибок и провалов в управлении экологическими рисками и воздействиями. Эта авария также показала, что решать вопросы охраны природы нужно открыто и с адекватным вовлечением институтов гражданского общества. В результате этой аварии, приведшей к масштабным экологическим последствиям, организаторами рейтинга было принято решение исключить ПАО ГМК «Норильский никель» из расчета текущего рейтинга.[1]

Такие общественные инициативы, как наш рейтинг, являются не только одним из механизмов оценки состояния дел в горнодобывающей и металлургической отрасли в части экологической открытости и безопасности, но и вносят вклад в ее модернизацию. Поэтому будет усиливаться работа в рамках рейтинга в части открытости информации бизнеса об управлении экологическими рисками, а также развивать систему общественного мониторинга.

По мере развития рейтинга планируется продолжать внедрять новые критерии, которые будут следовать глобальной повестке перехода к «зеленой экономике».

На основе критериев проводится рейтинг, составленных в начале в Основных положениях политики экологической и социальной

ответственности горнодобывающих компаний (www.wwf.ru/upload/iblock/d90/mining.pdf), и, разумеется, в ряде документов международного уровня, а конкретно: Стандарте ответственного ведения горных работ IRMA (www.responsiblemining.net/resources); Руководстве по отчетности в области устойчивого развития (www.globalreporting.org/standards); Секторальной стратегии ЕБРР (www.ebrd.com/mining%20operations%20policy.pdf) и других. Рейтинг топ-20 приведен на Рисунке 1.

Итоговое место	Компания	Итоговый балл
1	Кинросс голд (Kinross Gold)	1,7424
2	Полиметалл	1,6889
3	Полюс	1,6856
4	СДС-Уголь	1,6568
5	Металлоинвест	1,6371
6	Новолипецкий металлургический комбинат	1,5955
7	Северсталь	1,5795
8	Кузбассразрезуголь	1,5788
9	АГД ДАЙМОНДС	1,4571
10	Магнитогорский металлургический комбинат (ММК)	1,4568
11	АЛРОСА	1,4443
12	Нордголд (Nordgold)	1,4426
13	Петропавловск, Группа Компаний	1,4194
14	Фосагро, ГК	1,3924
15	ВостСибУголь	1,2023
16	КМА-руда	1,0788
17	Уралкалий	0,9381
18	ЕВРАЗ	0,9306
19	Русал	0,9217
20	СУЭК	0,8422

Рисунок 1 – Итоги рейтинга

Таким образом, необходимо дать количественную и качественную оценку основным составляющим.

Структура параметров для оценки соответствия критериев:

- Энергоэффективность
- Безопасность

- Комфорт
- Безотходность

Основные результаты: Таким образом можно сделать вывод. Итак, формируется особая независимая база данных, которая применима в спорных экологических ситуациях и для оценки общественной осведомленности о происшествиях. Все обнаруженные случаи наносятся на карту (wwf.ru/what-we-do/greeneconomy/gdk-and-metallurgy), что дает возможность найти наиболее распространенные источники конфликта и «горячие точки». Организаторы рейтинга уверены, что именно такой подход укрепит доверие со стороны общества и настроит граждан и предприятия на диалог, увеличит прозрачность работы бизнеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Кричевский Н.А., Гончаров С.Ф.* Корпоративная социальная ответственность / Под ред. Кричевский Н.А., Гончаров С.Ф. Москва.: Дашков и Ко, 2007. С. 45.
2. Рейтинг Экологической ответственности нефтегазовых компаний России за 2019 год / А. Книжников, Л. Аметистова. М.: WWF, 2019. С. 27.
3. *Горбунова О. И.* Экологический менеджмент в нефтегазовых компаниях России: рейтинг экологической ответственности // 2017. Т. 27. № 3. С. 366-371.
4. *Кельчевская Н. Р., Черненко И. М., Попова Е. В.* Влияние корпоративной социальной ответственности на инвестиционную привлекательность российских компаний [Текст] // Экономика региона. 2017. Т. 13. вып. 1. С. 157-169
5. *Шварц Е.А.* Оценка экологической ответственности нефтегазовых компаний, действующих в России: рейтинговый подход.

*Студент 2 курса 9 группы ИСА Третьяков А.С.,
Студент 2 курса 9 группы ИСА Шенетило И.С.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Л.Ю. Гнедина*

ИСКУССТВЕННОЕ И ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ

В настоящее время существует документ, в котором содержатся нормы и указания для определения правильных параметров освещенности, это свод правил СНиП 23.05.95 «Естественное и искусственное освещение».

Из определения мы знаем, что источник – это солнце. Поэтому при проектировании зданий и сооружений добиваются максимальной степени освещенности в помещениях. При том, что свет, который падает через оконные проемы или даже через зенитные фонари — это наиболее эффективный, экономичный и оптимальный вид освещенности.

Иногда естественного освещения из-за пасмурной погоды или малой площади остекления проемов может не хватать. Также влияют цвет стен и потолков. Если цветовые тона будут яркими, то помещение без искусственных источников будет ярким, насыщенным и даже объемным для восприятия глаз человека, а если наоборот, помещение будет казаться мрачным и требовать большего количества искусственных приборов. Отсюда следует, что не только зрение, но и настроение человека будет меняться. В этом случае монтируют совмещенное освещение, либо называют его комбинированным. Таким образом, устанавливают светильники, фонари или лампы искусственного света там, где недостаточно света.

Для многих работ наиболее рациональным является естественное освещение, так как естественный свет обладает биологической активностью. Верхнее освещение используют в многопролетных зданиях. Естественный свет применяют для освещения рабочих мест, удаленных от оконных проемов. Применяются светопрозрачные покрытия в кровле здания. Это могут быть: стеклоблоки, светопрозрачные колпаки, линзы, фонари и др.

Естественным освещением должны обеспечиваться помещения с постоянным пребыванием людей. Уровень освещенности меняется в течение светового дня и по временам года, и по погоде.

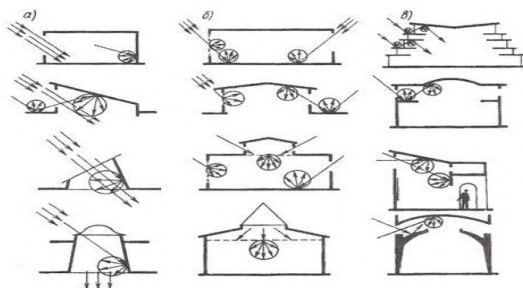


Рис. 1. Варианты распределения естественного освещения
 а) направленный свет; б) направленный бестеневой свет;
 в) отраженный бестеневой свет

Главная проблема естественного освещения – оно не может использоваться в темное время суток. Поэтому предусматривают дополнительное искусственное освещение.

Каждый из нас, сталкивается с данным типом света. И сейчас трудно представить, что бы делало человечество без искусственных источников.

Сегодня существуют нормы, которые необходимо соблюдать в любом здании и сооружении. Проектирование искусственного освещения в отличие от естественного является наиболее сложным.

Для тех или иных помещений в зданиях и сооружениях предъявляются разные требования. Например, в жилом домостроении в квартирах можно спроектировать любое количество ламп, светильников. Существует ряд требований и норм, руководствоваться которыми необходимо. Но на практике редко кто-либо их придерживается, но чтобы в помещениях человеку было комфортно находиться, существует параметр освещенности, который измеряется в Люксах (Лк) и является количественной характеристикой света, падающего на один квадратный метр помещения.

Типы офисных помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк	Типы жилых помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк
Офис общего назначения с использованием компьютеров	300	Жилая комната, кухня	150
Офис, в котором осуществляется творческая работа	500	Детская комната	200
Зал для конференций, переговорная комната	200	Ванная комната, санузлы, душевые, квадратные коридоры и холлы	50
Экватор, лестница	90-100	Гараж/бойня	75
Холл, коридор	50-75	Кабинет, библиотека	300
Архив	75	Лестница	20
Подсобные помещения, кладовая	50	Сауна, бассейн	100

Рис. 2. Нормы освещенности помещений в соответствии со СНиП

Требования на рабочих местах в общественных помещениях более жёсткие. Это нужно, чтобы уровень освещённости в процессе труда или производства не понижал и не ухудшал работоспособность сотрудников. Большинство типов помещений разных назначений переходят и начинают использовать LED-лампы, в отличие от ламп накаливания или люминесцентных. Это связано с тем, что LED-лампы потребляют мало энергии, прочные и имеют долгий срок службы. И что самое удивительное данные лампы имеют различные цветовые температуры и подразделяются на группы.

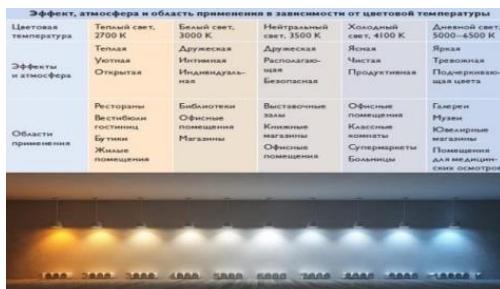


Рис. 3. Цветовая температура LED-ламп

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Оболенский Н.В.* Архитектура и солнце. Стройиздат, 1988, 207стр
2. *Соловьев А.К.* Архитектура зданий: учебник для студентов учреждений высш. образования/ А.К. Соловьев, В.М Туснина – М: Издательский центр «Академия» 2014 – 336с – (сер.бакалавриат)
3. *Кодряну Константин.* ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. Кишинэу: Издательство "ТЕННИСА-INFO", 2013 - 400 стр.
4. *Стецкий С.В., Сало М.А.* «Учет влияния солнцезащитных устройств при расчетах естественного освещения в условиях южных регионов с преобладанием ясного неба». СМОТ XXI Века, 2004, № 10.
5. *Стецкий С.В., Порублев С.А.* «Оптимизация решений солнцезащитных устройств в производственных зданиях с учетом их светоперераспределяющих свойств» Вестник МГСУ, 2011, №1

*Студент магистратуры 2 курса 6 группы ИСА Хадла Моханад
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. С. В. Стецкий*

ИСТОРИЧЕСКАЯ, ТРАДИЦИОННАЯ И СОВРЕМЕННАЯ
АРХИТЕКТУРА СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Архитектурно-строительный опыт Сирии имеет богатые исторические традиции. Территория страны цивилизационно осваивалась уже в течение нескольких тысячелетий и поэтому её архитектура и строительство впитали в себя как приёмы местной практики в этой сфере, так и характерные достижения многих соседних государств и цивилизаций.

Развитие Сирии, сначала как части ряда империй, а затем – как самостоятельного государства сопровождалось и развитием её городов, которые в своём большинстве также имеют древнейшую историю. В этих городах традиционно соседствуют две основные части – старый город, обычно располагающийся в центре и новые, периферийные районы. В старых, исторических районах сохранилась не только средневековая застройка в стиле традиционной исламской архитектуры, но и более древние объекты, построенные ещё во время Римской и Византийской империй [1,2,3,4,5,6,7,8].

Новые районы, появившиеся в основном начиная с 20-х годов XX века в своём большинстве имеют облик, схожий с обликом южно-европейских городов в целом, архитектурные стили в Сирии можно классифицировать, разделяя их по основным историческим периодам существования рассматриваемого региона следующим образом:

1. Архитектура древнейшей Сирии, которая базировались в основном на влиянии архитектурно-строительных традиций Вавилона, Ассирии и Древней Греции;
2. Архитектура Римской Империи;
3. Архитектура Византии;
4. Архитектура Османской Империи со значительным влиянием Исламской Арабской Архитектуры;
5. Архитектура XX века, основывающаяся на Европейской Архитектуры;
6. Современная Архитектура Сирии со значительными заимствованием принципов мировой “интернациональной” архитектуры;

Примеры некоторых из данных архитектурных стилей представлены на рис.1. Отличительной особенностью архитектуры и строительства в Сирии во все времена являлось рациональное использование местных традиционных приёмов и методов. Это объяснялось потребностью создания нормальных условий жизни в условиях жаркого и солнечного климата данного региона. Другими словами, в основу проектирования и строительства ставились пассивные (естественные) методы климатизации внутреннего пространства зданий. При этом местные архитектурные традиции естественным образом сочетались с архитектурными традициями стран – метрополии – Древней Греции, Древнего Рима, Византии, Арабского халифата и Османской Империи. Такое органическое сочетание наблюдается и в новейший период

истории Сирии – при глобализации мировой архитектуры и повсеместном преобладании “интернациональной” архитектуры.



а



б



в



г

Рис. 1. Примеры архитектурных стилей в Сирии

- а) Мечеть Омейядов в городе Дамаск,
- б) - Каср-эль-Айр-эль-Шарк в Сирийской Бадии рядом с г. Пальмира,
- в) Современные типичные жилые дома в городе Тартус. Конец XX в.,
- г) Городская улица в городе Тартус, городская застройка XX века.

По материалам данной работы можно сделать следующие выводы:

1. Архитектура Сирии представлена архитектурными стилями многих исторических эпох – от древнейшей до новейшей, причём многие из исторических зданий и сооружений функционируют до сих пор. Характерной особенностью местной архитектуры является её естественная и органическая связь с архитектурными стилями соседних регионов – от Вавилона до Древнего Рима. Это выразилось не только в обилии архитектурных памятников мировой истории, но и в обилии архитектурных и конструктивных заимствований, что в результате привело к возникновению оригинального стиля современной сирийской архитектуры.

2. Архитектурно – строительные решения зданий в климатических условиях Сирии как раньше, так и теперь основываются на методах пассивной (естественной) климатизации внутренней среды. Этот метод традиционно для стран рассматриваемого региона с их жарким и

солнечным климатом и ограниченным промышленным, энергетическим и финансовым потенциалом, что делает широкое применение активное (искусственного) метода климатизации внутренней среды в зданиях малоперспективным. Особенно это проявляется в современных политико–экономических условиях страны, где уже многие годы продолжается вооруженное противостояние.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Под редакцией Ю.В. Бромляя*, “Страны и народы. Зарубежная Азия”, издательство “Мысль”, Москва, 1979.
2. *Гуляницкий Н.Ф.*, “История архитектуры”, Стройиздат, Москва, 1984.
3. *Соловьев А.К.* “Физика среды”, Издательство АВС, Москва, 2014.
4. *Шевцов К.К.*, “Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями”, Издательство “Высшая школа”, Москва, 1986.
5. *Стецкий С.В., Салом А.*, “Архитектурно-конструктивные аспекты исторического развития предприятий промышленности в Сирии” СМОТ XX века, Москва, 2004, N.6.
6. *Стецкий С.В.* “Стационарные солнцезащитные средства как фактор архитектурной выразительности зданий и обеспечения комфортных микроклиматических внутренних в их помещениях для условий жаркого солнечного климата” научное образование, Москва, 2014, N.7.
7. *Стецкий С.В.* “Эстетика гражданских зданий при использовании в них стационарных солнцезащитных средств для условий жаркого климата”, ПГС, Москва, 2015, N.7.
8. *Халил Маджед* “Создание комфортной внутренней световой среды в помещениях административных зданий в условиях Сирии при помощи эффективных солнцезащитных устройств”, Магистерская диссертация, Москва, НИУ МГСУ, 2020.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В СОВРЕМЕННОМ ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СИРИИ

К наружным ограждающим конструкциям, рассматриваемым в этой статье, относятся наружные стены, окна и приоконные конструкции в виде наружных стационарных солнцезащитных устройств.

Гражданские здания в последние десятилетия возводятся в Сирии, в основном имеют каркасную конструктивную систему. Каркас выполняется из монолитного железобетона. Стеновые ограждения устраиваются обычно как заполнение между наружными колоннами или плитами перекрытий из различных мелкогабаритных элементов – кирпича или мелких бетонных блоков. Такое конструктивное решение типично не для Сирии, но и для большинства стран Ближнего Востока [1,2,3,4]. Рис.1.

Архитектурно-строительная практика показывает, что теплоизоляция и звукоизоляция таких стен является вполне приемлемой. Изменение формы и размеров окон, как и различные конструкции заполнения светопроемов также оказывают существенное влияние на параметры различных микроклиматических режимов в помещении. Например, при увеличении размеров окон и уменьшении количества слоев стекла, улучшается естественное освещение помещений, но ухудшается их теплозащита и шумоизоляции [2,4]. Пример изменения ключевых физико-технических характеристик некоторых вариантов заполнения светопроемов приведён на графике Рис. 2. Широко используемые в жарком и солнечном климате солнцезащитные устройства в условиях Сирии представлены в основном горизонтальными солнцезащитными козырьками. Эти наружные приоконные конструкции с точки зрения их участия в процесс естественного освещения помещений в условиях солнечного климата неоднократно рассматривалась в ряде ранее проведённых исследований.

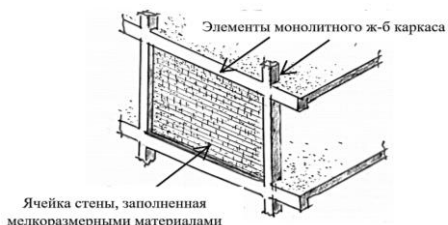


Рис.1. Фрагмент каркасного здания с элементом и заполняющей стены из мелкогабаритных элементов



Рис.2. Изменение основных физико-технических характеристик при различных типах заполнения оконных проемов.

Одновременно было показано, что наружные солнцезащитные козырьки ухудшают акустический режим в помещениях через отражения внешних звуковых волн в интерьер помещения. В связи с этим было предложено адекватное

средство повышения звукоизоляции помещений за счёт устройства звукопоглощающих покрытий нижних поверхностей козырьков (Рис.3).

По материалам данной работы можно сделать следующие выводы:

1. Внешние стационарные солнцезащитные устройства в виде козырьков, выполняют не только солнцезащитные и светотехнические функции, но и могут быть использованы как средство уменьшения внешнего воздушного шума, поступающего в помещение. Снижение уровня звукового давления за счёт облицовки солнцезащитных козырьков звукопоглотителями достигает 4-8 гб, в зависимости от конструкции звукопоглощающего покрытия и применяемых материалов.

Условные обозначения:

1/8 – варианты заполнения окон;
 1/2 - одинарное; 3/4 - двойное спаренное; 5/7 – двойное раздельное; 8- тройное).

R_A индекс воздушного шума, гб.

R_0 общее сопротивление теплопередаче, $m^2/C^0 \cdot vt$.

T общее светопропускание проема, безразмерное.

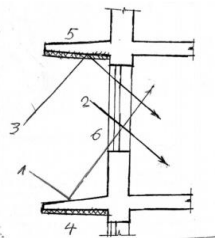


Рис.3. Роль наружных солнцезащитных козырьков в перераспределении внешних световых и шумовых потоков

2. Исследования по определению значений основных физико-технических характеристик различных вариантов конструкций оконного заполнения показали, что оптимальным для гражданского строительства в климатических и градостроительных условиях Сирии является двойное раздельное остекление с одним обыкновенным листовым стеклом и одним-усиленным слоем с соответствующей их толщиной 3 и 6 мм. Такая конструкция позволяет достичь наилучших показателей окон по теплотехническим, светотехническим и акустическим критериям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. *Соловьев А.К.* “Физика среды” Москва, издательство “АСВ”,
2. *Шевцов К.К.* “Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями”. Москва, издательство “высшая школа”, 1986.
3. *Сулиман С.* “Создание строительными методами комфортной акустической, световой и инсоляционной среды для помещений гражданских зданий в условиях крупных городов Сирии (на примере города Дамаск)”. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва, 2006.
4. *Хашиш А.* “Оптимизация объёмно-планировочных и конструктивных решений общественных зданий по критериям комфортности внутренней микроклиматической среды для условий Центральной Азии (на примере Афганистана)”. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук.
5. *Стецкий С.В., Герасимов А.И.* “Шумозащитные мероприятия при устройстве наружной стационарной солнцезащиты”. КИМ, 3008, N.
6. *Стецкий С.В., Герасимов А.И.* “Звукоизоляция наружных ограждающих конструкций гражданских зданий в крупных городах стран с жарким климатом” КИМ, 2009, N.1.
7. *Hopkinson R.T.* “Environmental research and building practice” Light and lighting, August 1970.
8. *Manning P.* “Lighting in relation to other components of the total environment” Transactions of the illumination engineering society. London, 1968, Vol.33, #4.

*Студент 3 курса 61 группы ИСА Хлебников С.К., Черных В.П.
Научные руководители – проф., д-р техн. наук. проф. А.К. Соловьев;
доц., канд. культ., К.А. Соловьев*

ОПТИЧЕСКИЕ ИЛЛЮЗИИ И АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА КАК ИНСТРУМЕНТЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ. ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В АРХИТЕКТУРЕ

Любая окружающая среда, так или иначе, влияет на человека. Не стоит недооценивать и психологическое воздействие. Но что может оказывать такое влияние в городской среде? И чье влияние человек способен регулировать? Конечно же речь идет об архитектуре. Именно проблемами выявления и регулирования такого воздействия занимается достаточно новая наука - психология архитектуры [1].

С точки зрения психологии выделяют несколько основных методов воздействия на человека: внушение, заражение, убеждение и подражание.

Внушение - подача человеку конкретного факта, уверенно отстаивая его достоверность. На нем основаны методы искажения пространства, создающие ощущения массивности помещения. Эти методы внушают человеку ощущение непоколебимой значимости сооружения.

В зависимости от природы происхождения оптические иллюзии можно разделить на следующие 3 типа [2]:

1. Перспективные искажения восприятия пропорций
2. Светотеневые искажения восприятия объема
3. Нелинейные искажения - искажения связанные с особенностями зрения и с устройством глаза

Из рассмотренных выше типов иллюзий нас интересуют именно иллюзии, основанные на перспективных искажениях восприятия пропорций. При этом они должны быть специально запроектированы и относиться к типу намеренных искажений восприятия пространства. Именно этот класс оптических иллюзий может использоваться для некоторого психологического воздействия на человека.

Подавляющее большинство иллюзий такого рода основано на создании искусственной перспективы (рис. 1) либо на имитации единого “сплошного” пространства, затрудняющего его нормальное восприятие.

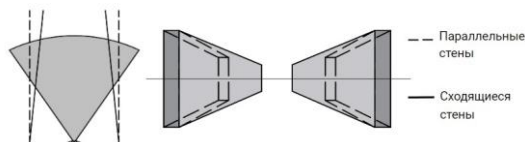


Рис. 1. Способ создания искусственной перспективы

По мнению современного американского архитектора Стивена Холла, в понятие архитектуры входят весь спектр человеческих чувств. Немалую роль в восприятии архитектуры играют ее акустические качества [3].

Наиболее простой и наглядной для понимания физики звука в помещениях является геометрическая теория. Такой подход подразумевает представление звука как совокупности лучей, ход которых составляет лучевой эскиз помещения.

При проектировании сооружений можно выделить ряд правил проектирования формы помещения с хорошими акустическими свойствами [4]. При нарушении этих правил могут появляться различные акустические эффекты, которые можно использовать как инструменты психологического воздействия в помещениях, где акустические качества не так важны. Чаще всего такие приемы основаны на фокусировании звука, вызывании избыточного эха или наоборот полного его отсутствия.

Одним из методов психологического воздействия на человека является устройство шепчущих галерей [5]. В основе лежит эффект распространения звука в помещении, при котором создаются зоны слышимости и зоны акустической тени (рис. 2).

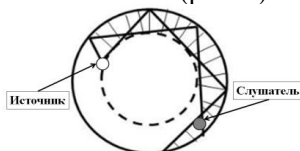


Рис. 2. Схема распространения звука в шепчущей галерее

Применение геометрического метода помогает спроектировать и ряд других иллюзий (рис. 3). Например, устройство куполов для точечной фокусировки звука, что инстинктивно заставляет слушателя находиться в точке фокуса. Полное поглощение звука заставляет человека чувствовать себя в огромном вакууме, лишенном отражений и эха; наоборот, если отражения звука от сводов лишь усиливают друг друга, то наблюдатель будет стараться вести себя как можно тише. Также в архитектуре широко применима форма эллипса, которая обеспечивает в помещении две точки фокусировки звуковых волн. [5]

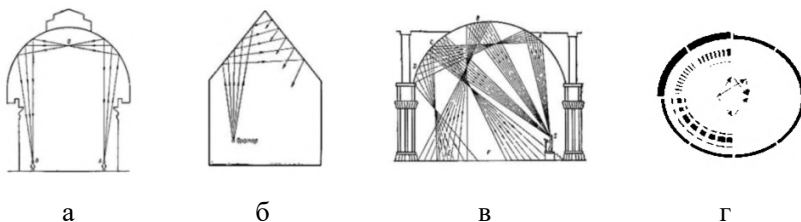


Рис. 3. а – создание фиксированной точки фокуса, б – поглощение отражений, в – многократное эхо при купольном строении потолка, г – использование эллипсоидной формы

Архитектура оказывает значительное воздействие на психику человека. Особенным потенциалом в качестве инструментов психологического воздействия обладают оптические иллюзии и акустические эффекты.

В современном мире человек практически всю свою жизнь проводит в городской среде. Различные бытовые и глобальные проблемы негативно сказываются на психическом здоровье человека. По этой причине, сейчас очень важно помнить, что, проектируя здания с учетом их психологического воздействия на человека, можно добиться благотворного влияния на его жизнь и здоровье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ермакова, М.К.* Аспекты архитектуры и психологии / М.К. Ермакова // Синергия Наук. – 2017. - № 18 (Т. 1) – С. 820-831.
2. *Хлебников С. К., Артамонов М. М.* Особенности визуального восприятия пропорций в архитектуре. Применение оптических иллюзий в строительстве // Дни студенческой науки [Электронный ресурс] : сборник ДСН НИУ МГСУ за 2019–2020 учебный год (г. Москва, 2–6 марта 2020 г.). — Москва : Издательство МИСИ–МГСУ, 2020. С. 140
3. *Базина А.Н.* Аспекты феноменологического подхода в архитектурном проектировании и дизайне среды // Innovative project. 2017. Т.2, №1. С. 112-119.
4. *Хлебников С.К., Черных В.П.* Архитектурная акустика концертных и театральных залов // Сборник ДСН НИУ МГСУ за 2018–2019 гг. (г. Москва, 4–7 марта 2019 г.). М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. С. 168-172.
5. *Сергей Сухинин.* Эффект шепчущей галереи // Наука из первых рук. 2006. №3.

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В ГОРНОМ РЕЛЬЕФЕ

В настоящее время разработаны элементы проектирования в отношении комплексных стратегий развития архитектурно-строительного проектирования зданий в горном рельефе. В соответствии с возможными расчетными нагрузками, представлен необходимый конструктивный проект, подразумевающий, что адаптированная конструкция здания особенно эффективна для снижения последствий природным явлений в горных регионах [3].

Критерии проектирования здания в горном рельефе должны опираться на расчетные нагрузки: мертвая нагрузка, живая нагрузка, дополнительные нагрузки, возникающие в результате воздействия штормового ветра, статическая снеговая нагрузка, расчетные нагрузки, возникающие в результате переноса речных отложений и для снежных лавин.

Мертвая нагрузка конструкции. Для учета мертвой нагрузки рассматриваемой конструкции характерные веса были взяты из СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Живая нагрузка. Живую нагрузку плиты перекрытия (первого и второго этажей) рассчитывали с применением норм для категории жилых зданий, проходного мансардного этажа и лестницы.

Воздействие штормового ветра. Влияние штормового ветра на конструкцию было рассчитано с применением СНиП II-6-74* «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования». Основное пиковое давление порывов ветра было рассчитано с учетом местных ветровых условий в горных районах Таджикистана [4]. Для определения расчетных нагрузок, стены и крыша были разделены на секции от А до J (Рис. 1), и им были присвоены различные коэффициенты давления C_p . По отношению к крыше рассчитаны расчетные нагрузки 1-4 отдельно путем добавления либо DL1, либо DL2

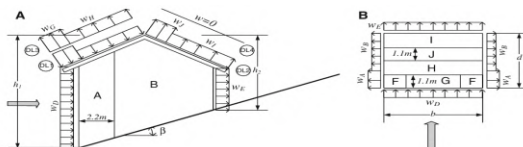


Рис. 1. Структурная система для воздействия бури на здание

DL1 коэффициент нагрузки 1, DL2 коэффициент нагрузки 2, DL3 коэффициент нагрузки 3, DL4 коэффициент нагрузки 4, w_A ...J ветровая нагрузка, b наклон склона, $h_1, 2$ высота здания 1 и 2, d ширина здания параллельна направлению потока, b ширина здания нормальна направлению потока. Серая стрелка указывает направление потока, вид сбоку, вид сверху DL1, DL4, DL2, DL3 или DL3, DL4 Принимая во внимание нагрузки на ограждающую конструкцию здания, было разработано усиленное здание. Характерное здание включает в себя подвал, а также первый этаж (нижний этаж) и второй этаж (верхний этаж) [4].

Конструктивное усиление здания. Конструктивное усиление любого здания с точки зрения повышенной защиты от воздействия опасных природных явлений (переноса речных наносов и снежных лавин) может быть достигнуто различными конструктивными подходами. Необходим контроль в отношении усиления фундамента, конструктивных уровней (первый и второй этажи), конструкции крыши, а также дополнительных конструктивных элементов (проемы зданий или подвижные защитные элементы) [1].

Подвал должен быть водонепроницаемым. Первый этаж особенно восприимчив к любым внешним воздействиям, возникающим в результате ливневых процессов и снежной лавины. Что касается конструкции крыши, то следует избегать карнизов, чтобы увеличить сопротивление конструкции, возникающей в результате лавинных процессов. Рекомендуется общее укрепление, для противостояния сильным снеговым нагрузкам, согласно предписанным местным строительным нормами [4].

Конструктивные мероприятия, прилегающие к зданию. Необходимо применение конструктивных мер в виде лавинных расщепляющих клиньев и комбинаций между прогибными дамбами и стенами. Основным критерием эффективной эксплуатации такой конструкции является устойчивое анкерование и достаточная высота конструкции во избежание опрокидывания. В качестве альтернативы, усиленный для строительства может быть использован бетон, где расщепляющие клинья могут быть построены и в непосредственном соединении с объектом (Рис. 3). Прогибная стена проектируется по тем же принципам защиты и многократно используется для защиты всего строительного ансамбля от воздействия событий средней величины (Рис. 4).



Рис. 3. Расщепляющий

клин



Рис. 4. Прогибная стена

Таким образом, представлен прототип жилого здания, типичного для горных регионов. Исходя из возможных расчетных нагрузок, проект дополнительно оснащался различными локальными конструктивными защитными мероприятиями для того, чтобы противостоять ударным силам лавиноопасных потоков и снежных лавин. Основные структурные изменения были рассчитаны на основе информации таджикской строительной отрасли и страхового бизнеса.

Следовательно, необходимо уменьшить риск структурной уязвимости зданий, подвергающихся воздействию за счет снижения проектных нагрузок на ограждающую конструкцию здания и повышенного контроля к строительным материалам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 22-02-2003 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов».
2. *Ерышев В.А., Латышева Е.В., Малыш А.С.* Определение эксплуатационных параметров качества железобетонных конструкций в составе здания без их физического разрушения путем натуральных испытаний // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2015 г. № 1 (31). С. 75-80.
3. *Мубораккадамов Х.С.* Особенности проектирования зданий в горных районах // Тольяттинский госуниверситет г. Тольятти, 2019. С. 4-18.
4. *Мукимов Р.С., Шерматов М.У.* Архитектура Таджикистана на современном этапе // Материалы международной конференции «Архитектурная среда: современность и будущее», Душанбе, 17.09.2016 г. Душанбе: ТТУ им. акад. М. Осими, 2016. С. 13-19.
5. *Ким Д.А., Гиясов Т.Б.* Влияние объемно-планировочного решения здания на показатели энергоэффективности.// Инженерный вестник Дона, 2019. №1

Студент 2 курса 15 группы ИСА Эзра М.

Научный руководитель – ст. преподаватель **К.О. Ларионова**

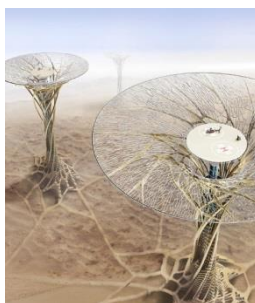
ПРОЕКТ SAND BABEL

Проектирование современных зданий стало одним из главных приоритетов строительства. В наши дни мы видим, как инженеры-строители строят множество современных зданий, которые вносят большой вклад в мировую архитектуру. Здания принимают различные сложные и удивительные конструкции, например Бурдж-Халифа, мост Золотые Ворота.

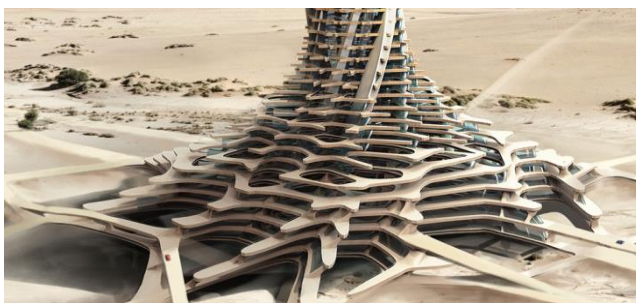
Большое внимание в архитектуре ранее и сегодня уделялось внимание разработке проектов высотных зданий [1, 2, 3]. Очень перспективным и интересным является культурно-туристический проект «Песочный Вавилон» для строительства в пустыне Сахара (Рис.1). [6,7].



a



б



в

Рис. 1. Визуализация проекта:

а,б - общий вид и верхняя часть конструкции,

в - нижняя часть конструкции здания

Здание, работающее на солнечной энергии, имеет удивительный дизайн - закрученная в форме гриба башня. Сооружение будет иметь две основные части: наземная и подземная.

Наземная напоминающая по форме различные природные явления и объекты, такие как скалы, грибы, торнадо. «Верхний скелет» спиральной части запроектирован с использованием передачи напрягающей силы цветка, в то время как корневидные нижние части поддерживали бы всю конструкцию и укрепляли бы землю, в которой преобладают текучие песчаные дюны.

В верхней спиральной части башни будет установлена водогенерирующая система, которая будет генерировать воду за счет конденсации под «шляпкой гриба», устройство забора воздуха, а энергообеспечение здания будет обеспечиваться установленными ветрогенераторами и солнечными батареями. Также в верхней части размещаются вертолетная площадка, площадки для обозрения и другие туристические объекты.

Башня была спроектирована с подземной системой сети, соединяющей пригородные пространства, достопримечательности. В подземной части предлагается расположить жилые здания и метро.

В качестве материала строительства предлагается использовать местный песок, который в обилии имеется в данном регионе, а строительство будет происходить с помощью 3D-принтера на солнечной энергии (Рис.2).

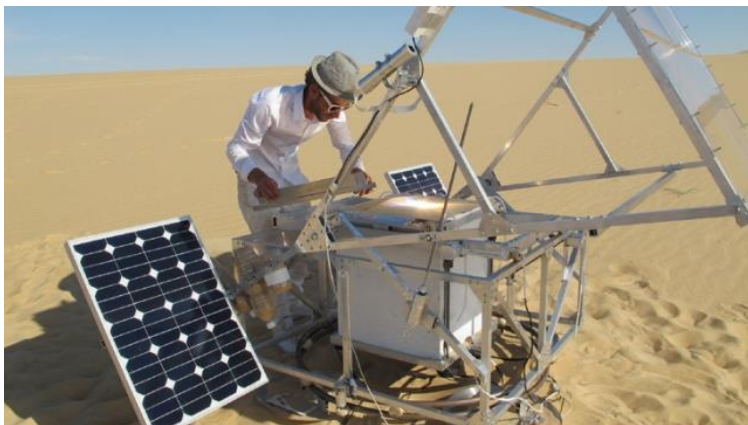


Рис. 2. Общий вид 3D-принтера на солнечной энергии

Разработанный для этого Маркусом Кайзером аппарат (3D-принтер) называется Solar Sinter, использующий солнечные лучи вместо лазера, а песок вместо пластика. Состоит он из нескольких частей:

фотоэлектрическая панель, устройство отслеживания положения солнца, линзы Френеля, аккумулятор, печатающее устройство.

Современное строительство уделяет большое внимание использованию новых технологий в строительстве и «необычных» многофункциональных материалов. [4, 5,6].

Песчаный Вавилон — это удивительный архитектурный проект, благодаря современным мировым технологиям сейчас инженеры и архитекторы придумали, как строить в пустыне используя обилие пустынного песка. Реализация данного проекта позволит вести научные исследования в регионе и привлекать туристов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сидорук Е.В.* Горизонтальный небоскреб Лазаря Лисицкого // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. - 2019. С. 964-966.
2. *Савин И.М., Дмитриев А.С.* Высотные здания, особенности планировочных и конструктивных решений // Вестник евразийской науки. - 2020. Т. 12.№2. С. 14.
3. *Козлов М.В., Безбородов Е.Л.* Конструктивные схемы высотных зданий // Вестник МГСУ. - 2011. №1-2. С. 153-160.
4. *Круковец А.Е., Ларионова К.О.* Применение отходов в строительстве // В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности. XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации». - 2018. С. 345-347.
5. *Борисов В.А., Пилипенко А.С., Ларионова К.О.* Анализ применения самоочищающихся бетонов в мировой практике строительства // Инженерный вестник Дона. - 2018. №2 (49). С. 222.
6. *Ларионова К.О., Савина Н.В., Соловьев К.А., Степанова Д.С., Стецкий С.В.* Основы архитектуры и строительных конструкций // Учебник / Москва, 2017. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (1-е изд.) Sand Babel: Solar-Powered Twisting Skyscrapers 3D-Printed With Desert Sands [<https://worldarchitecture.org/authors-links/pmcnn/sand-babel-solar-powered-twisting-skyscrapers-3d-printed-with-desert-sands.html>]