

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи



Куренков Олег Геннадьевич

**ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

2.1.7 – Технология и организация строительства (технические науки)

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
Олейник Павел Павлович

Москва – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
ГЛАВА 1. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ И ПРИЕМКЕ ВЫПОЛНЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	11
1.1. Техническая документация при устройстве и приемке выполненных строительных конструкций .....	11
1.2. Обзор нормативно-технической базы исполнительной документации..	12
1.3. Обзор научно-технической литературы по строительному контролю и формированию исполнительной документации .....	14
1.4. Основные аспекты ведения исполнительной документации в строительстве, требования к формированию и порядку комплектации .....	18
1.5. Соотношение исполнительной документации и качества в строительстве. Постановка проблематики.....	26
1.5.1. Функции исполнительной документации.....	26
1.5.2. Постановка проблематики по формированию исполнительной документации и отображению основных параметров качества в ней.....	28
1.5.3. Отражение качества строительства в исполнительной документации	36
Выводы по главе 1.....	43
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ОТРАЖАЮЩИХ КАЧЕСТВО ВОЗВЕДЕННЫХ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	46
2.1. Выбор объекта-представителя и определение основных параметров, отражаемых в исполнительной документации для контроля качества выполненных работ .....	46
2.2. Анализ факторов, влияющих на качество построенного объекта .....	48
2.3. Основные параметры факторов прямого воздействия.....	49
2.4. Основные параметры факторов косвенного воздействия.....	52

2.5. Методика систематизации параметров факторов прямого воздействия и анализ граничных условий отклонений конструктивных элементов.....	54
2.6. Графическое отображение статистических данных с выявлением количества повторений величин отклонений рассматриваемых параметров	57
2.7. Определение процентного соотношения отклонений с выявлением наиболее значимых параметров.....	62
2.8. Определение закономерности распределения значений отклонений колонн, пилонов по оси.....	63
2.9. Определение закономерности распределения значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов от проектных значений.....	72
2.10. Определение закономерности распределения значений отклонений стен по оси от проектных значений.....	77
2.11. Определение закономерности распределения значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений.....	82
Выводы по Главе 2.....	88
<b>ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ НЕНОРМАТИВНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....</b>	<b>91</b>
3.1. Дифференциация и группировка факторов, влияющих на возникновение отклонений монолитных железобетонных строительных конструкций .....	91
3.2. Описание применения метода экспертных оценок и определение удельных значений рассматриваемых факторов.....	95
3.3. Расчет коэффициента конкордации.....	102
3.4. Определение величины влияния факторов и построение регрессионной модели отклонений конструкций.....	108
3.5. Построение и описание методики по предотвращению ненормативных отклонений.....	119
3.6. Особенности наиболее влияющих факторов и их воздействие на	

возведение конструкций.....	123
3.6.1. Техническо-исполнительские факторы.....	123
3.6.2. Организационно-управленческие факторы.....	134
3.6.3. Проектно-конструкторские и технологические факторы.....	136
Выводы по Главе 3.....	138
<b>ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ</b>	<b>142</b>
4.1. Матрица ответственности участников строительства в практическом применении и состав разработанной методики.....	142
4.2. Процедура внедрения предлагаемой методики и выбор экспериментального объекта.....	146
4.3. Описание объекта внедрения.....	147
4.4. Внедрение методики по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций .....	148
4.5. Иные результаты внедрения основных положений, рассматриваемых в диссертационном исследовании.....	158
Выводы по Главе 4.....	160
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>162</b>
Список литературы.....	168
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....</b>	<b>192</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МАТЕРИАЛЫ ВТОРОЙ ГЛАВЫ.....</b>	<b>194</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. МАТЕРИАЛЫ ТРЕТИЙ ГЛАВЫ.....</b>	<b>206</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г. МАТЕРИАЛЫ ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЫ.....</b>	<b>209</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д. АНКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА.....</b>	<b>214</b>



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность диссертационного исследования.** В мегаполисах ежегодно возрастает объем строительства зданий и сооружений, основным элементом которых являются несущие монолитные железобетонные конструкции. В соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», лицо, осуществляющее строительство, а также застройщик (заказчик) обязаны выполнять оценку соответствия построенного или реконструированного здания и сооружения проектной документации, а также требованиям ФЗ. Застройщик (технический заказчик) несет ответственность за своевременную подготовку к эксплуатации законченных строительством зданий и сооружений, а также за проведение комплексного опробования оборудования, за пуско-наладку оборудования и систем, ввод в эксплуатацию объектов в установленные сроки. Ответственность за выполненные строительные работы возрастает за счет предоставления гарантийных обязательств на протяжении всей эксплуатации объекта со стороны всех ответственных лиц, участвующих в строительстве – данное условие регламентируется не только нормативно-правовыми актами, но и заключаемыми договорами. В результате ответственность является не только административной, но и уголовной.

Основным документом, отражающим соответствие принятых в проекте конструктивных и объемно-планировочных решений фактически выполненным конструкциям, является исполнительная документация. В этой связи корректное отображение информации о качестве выполненных работ и возведенных конструкций осуществляется по актам и другим прилагаемым к актам документам.

Необходимый комплект исполнительной документации на конструктивный элемент или его часть формируется, как правило, после окончания какого-либо вида работ по их фактическому исполнению в натуре, при этом в состав комплекта должны входить акты приемки работ, исполнительные схемы,

документы, подтверждающие качество применяемых материалов, и документы, подтверждающие качество выполненных работ, – лабораторные протоколы и заключения. На практике информация в данном комплекте документов может отображаться в искаженном виде. При производстве строительно-монтажных работ (далее – СМР) могут возникать отклонения, которые не соответствуют нормативным предельно допустимым значениям, в связи с чем они могут повлиять на последующие возводимые конструкции вследствие воздействия различных факторов.

Для увеличения степени соответствия построенного здания или сооружения требованиям проектной и нормативно-технической документации большие величины отклонений строительных конструкций должны учитываться при производстве работ на последующих этапах и вовсе предупреждаться.

**Степень разработанности проблемы.** Различные аспекты контроля качества возведения монолитных несущих железобетонных конструкций, а также оценка их влияния на надежность и безопасность строительных конструкций рассматривались в ряде научных трудов, инструктивных отраслевых документов, научно-методологических исследований отечественных и зарубежных ученых, в том числе: Афанасьева А.А., Байбурина А.Х., Бондаренко В.М., Гусакова А.А., Гусаковой Е.А., Дикмана Л.Г., Казакова Д.А., Кузнецова А.Н., Кузминой Т.К., Лapidуса А.А., Летчфорда А.Н., Монфреда Ю.Б., Олейника П.П., Покрасса Л.И., Синенко С.А., Теличенко В.И., Тамразяна А.Г., Шаленного В.Т., Шапиро Г.И., Шинкевича В.А., Stephen R. Pettee, Hegazy T. Abdel-Monem и др.

Анализ научно-технических трудов показал, что существуют множество методов контроля качества строительной продукции, как в процессе производства работ, так и по итогу выполненных строительных конструкций. Кроме того, рассмотрены и приведены множество параметров и факторов, оказывающих различное всестороннее влияние на качество выполненных работ, на различных стадиях жизненного цикла проекта, начиная от проектирования, заканчивая итоговой приемкой возведенных конструкций. При этом подробно не рассмотрены аспекты, включающие в себя интенсивность, влияние и

изменчивость возникающих в строительных конструкциях отклонений вследствие производственно-технических и организационных факторов. Исходя из этого, научно-методологические основы соблюдения требуемого качества и обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации построенного объекта в процессе строительства нуждаются в развитии по рассматриваемому направлению.

**Цель диссертационного исследования.** Целью диссертационного исследования являются выявление причин превышения нормативных допусков при устройстве конструкций и выработка научно обоснованных мероприятий по их предотвращению.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие задачи:

1. Анализ научно-технической литературы и исполнительной документации по видам работ и оценка их содержания;
2. Выбор конструкций-представителей и выявление причин возникновения нормативных отклонений, а также отклонений, величина которых выходит за предельно допустимые значения;
3. Установление законов распределения отклонений и их основных характеристик;
4. Построение модели управления параметрами факторов, влияющих на отклонения конструкций;
5. Выработка методики по предотвращению возникновения отклонений, величина которых может выходить за предельно допустимые значения отклонений конструкций;
6. Оценка выработанной методики при внедрении результатов исследования.

**Объект исследования.** Объектом исследования являются несущие монолитные железобетонные конструкции зданий и сооружений.

**Предмет исследования.** Предметом исследования являются отклонения монолитных железобетонных конструкций, отображаемые в исполнительной документации.

**Научно-техническая гипотеза исследования** заключается в возможности улучшения качества строительно-монтажных работ при возведении монолитных железобетонных конструкций зданий и сооружений за счет оптимизации отклонений посредством внедрения предлагаемой системы организационно-технологических мероприятий с достаточной степенью обоснованности и достоверности.

**Методология и методы исследования:**

- методы организационно-технологического моделирования;
- методы системного анализа;
- элементы численного анализа и математической обработки;
- метод математической статистики;
- закон нормального распределения;
- метод анализа экспертных суждений и оценок;
- коэффициент конкордации Кэндалла;
- критерий согласия Пирсона;
- метод «шумового поля»;
- уравнение множественной регрессии;
- метод наименьших квадратов;
- критерий Фишера.

**Научная новизна.** Обоснование положений и разработка организационно-технологических моделей по управлению параметрами отклонений строительных конструкций для обеспечения устойчивости нормативных допусков.

**Теоретическая и практическая значимость работы:**

- Выявление наиболее значимых параметров, приведенных в исполнительной документации, которые влияют на качество и долговечность строительных конструкций, и оценка их степени адекватности;
- Выработка методики по предотвращению ненормативных отклонений.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Математическая модель теоретического неоднородного распределения значений отклонений в монолитных железобетонных несущих конструкциях;

2. Система факторов и оценка степени их влияния на возникновение отклонений в монолитных железобетонных конструкциях при производстве строительного-монтажных работ;

3. Методика по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов обеспечена:

– освещением результатов исследования на следующих научных конференциях и семинарах: IV Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных вузов и технических университетов «Научно-технический прогресс в строительном производстве» (Москва, 2018 г.); Всероссийская научная конференция «Организация строительного производства» СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 2019 г.); V Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных вузов и технических университетов (Москва, 2019 г.); VI Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных университетов (ТОМиС-2020), конференция Scopus (Москва, 2020 г.)

– использованием в исследованиях фактических данных значений отклонений, фиксируемых в исполнительной документации на исполнительных схемах и чертежах;

– соблюдением условий репрезентативности массива исходных данных для математической модели и многофакторного анализа;

– достоверность полученных результатов подтверждается результатами математического моделирования и многофакторного анализа при устройстве монолитных железобетонных конструкций.

**Практическое внедрение результатов исследования** осуществлялось при производстве строительного-монтажных работ на объекте действующих строительного-монтажных организаций в течение 2020–2021 гг. «Реставрация и

приспособление жилого дома (объекта культурного наследия) с подземной автостоянкой». Адрес объекта: г. Москва, Вознесенский переулок д. 11, стр. 3.

**Публикации.** Материалы диссертации достаточно полно изложены в 10 научных публикациях, из которых 4 работы опубликованы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и 1 работа опубликована в журнале, индексируемом в международных реферативных базах Scopus.

**Структура и объем диссертации.** Научно-квалификационная работа включает в себя введение, 4 главы, заключение, список литературы, приложения. В общий объем диссертационной работы, в том числе приложений, входят 48 таблиц, 49 рисунков и 113 формул. Объем диссертации – 217 страниц. Объем научно-технической литературы составляет 190 источников.

**Соответствие научно-квалификационной работы паспорту научной специальности.** Содержание диссертации соответствует пунктам 4, 7, 13 Паспорта специальности 2.1.7 «Технология и организация строительства»:

– п. 4. «Теоретические и экспериментальные исследования эффективности технологических процессов. Выявление общих закономерностей реализации сложных инвестиционно-строительных проектов с применением информационного моделирования и оптимизации организационно-технологических решений»;

– п. 7. «Разработка научных основ, методов и средств контроля, способов повышения качества строительной продукции на всех этапах жизненного цикла»;

– п. 13. «Разработка научных основ, системного подхода, методов и технологий повышения эксплуатационного качества промышленных и гражданских зданий с учетом круглогодичного производства работ, инструментального контроля и способов повышения надежности зданий при их возведении, эксплуатации и реконструкции».

# **ГЛАВА 1. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ И ПРИЕМКЕ ВЫПОЛНЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

## **1.1. Техническая документация при устройстве и приемке выполненных строительных конструкций**

В строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объекта – на всех этапах жизненного цикла применяется различная проектная, организационно-технологическая, техническая и прочая документация. К данной документации можно отнести следующие виды: эскизный проект, проектно-сметная документация, рабочая документация, исходно-разрешительная документация, проекты производства работ, технологические карты, проекты организации работ, графики производства работ, ресурсные графики, ведомости объемов работ, исполнительная документация, приемо-сдаточная документация и др.

Непосредственно перед началом строительства объекта разрабатывается проектно-сметная документация, которая описывает основные характеристики объекта и предписывает требования о соответствии конструкций требованиям нормативно-правовых документов и ожидаемому результату по завершении строительно-монтажных работ. Кроме того, в ней указываются основные материалы, сроки строительства, а также стоимость строительства. На основе этого производят входной контроль строительных материалов, изделий и оборудования непосредственно на строительной площадке. Для осуществления технологических процессов и контроля технологии выполнения работ предусмотрена организационно-технологическая документация, которая включает в себя следующие документы: проекты производства работ, проекты организации работ, технологические схемы и карты, поточные графики, сетевые модели, схемы контроля качества, карты трудовых процессов, ресурсные графики и пр. Без данной документации строительная организация не имеет право приступать к строительным технологическим процессам по возведению конструкций и прочих элементов.

По результату завершённых строительно-монтажных работ, конструкций или отдельных конструктивных элементов контроль качества выполненных работ осуществляется не только визуальным осмотром и обмерочными работами, но и по технической документации, подтверждающей качество выполненных работ. Для отображения фактических параметров и характеристик построенного объекта или конструкции законодательством предусмотрена исполнительная документация. В ней отражаются все ответственные представители, фактические даты производства работ, применённые материалы, оборудование и изделия, и их характеристики, результаты лабораторных и иных испытаний, расположения конструкций в натуре с фактическими отклонениями, а также объёмы выполненных работ. Именно по данному виду документов возможно оценить качество возведённых конструкций и элементов здания и сооружения и впоследствии осуществить приемку выполненных работ. К одним из основных параметров качества выполненных конструкций, отражаемых в технической документации, можно отнести: геометрические характеристики, прочностные характеристики, физико-механические свойства, фактические отклонения строительных конструкций от проектных значений. Для подтверждения данных характеристик в процессе приемки выполненных работ со стороны строительного контроля, технического заказчика, заказчика, а также при итоговой проверке построенного объекта комиссией государственного строительного надзора (если объект является капитальным) в обязательном порядке рассматривается и исполнительная документация.

## **1.2. Обзор нормативно-технической базы исполнительной документации**

В настоящее время существуют несколько нормативно-правовых актов, руководящих документов, государственных стандартов, сводов правил, а также технических документов, которые включают в себя требования к технологии производства работ, требования к выполненным строительным конструкциям, а также регламентируют порядок сдачи-приемки выполненных работ. Данные документы являются основой как для производства СМР, так и для формирования



исполнительной документации, подтверждающей качество выполненных работ. Документацию можно разделить на три условных типа:

- Нормативная и законодательная документация;
- Регламенты, разрабатываемые генподрядными организациями и техническим заказчиком, по оформлению и предоставлению исполнительной документации;
- Техническая документация.

Основные нормативные и законодательные документы: Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ [39]; РД-11-02-2006 [163]; Приказ Ростехнадзора № 470 от 09.11.2017 [122]; ГОСТ Р 51872-2019 [150]; Положение об осуществлении Государственного строительного надзора [123]; СП 126.13330.2017 [146]; СП 70.13330.2012 [143]; СП 48.13330.2019 [139]; СП 68.13330.2017 [142]; РД-11-05-2007 [121]; ВСН 478-86 [26]; Инструкция И 1.13-07 [53]; Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468 [124].

Техническая основа исполнительной документации:

- Проектная документация и рабочая документация;
- Проект организации строительства (ПОС);
- Проект производства работ (ППР);
- Объектная и локальная сметы;
- Дефектовочные ведомости;
- Технические регламенты;
- Исполнительная геодезическая съемка;
- Документы, подтверждающие качество применяемых материалов, оборудования и изделий (от производителей);
- Протоколы лабораторных и иных испытаний материалов, применяемых при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объекта;
- Свидетельство о членстве СРО (саморегулируемые организации) юридических лиц, участвующих при строительстве объекта (заказчика, технического заказчика, лица, осуществляющего строительство,

субподрядной организации, эксплуатирующей организации, организации, осуществляющей разработку проектной документации и пр.);

- Приказы, доверенности на ответственных представителей юридических лиц, участвующих в строительстве;
- Аттестаты аккредитации лабораторий, осуществляющих контроль качества строительных материалов и конструкций;
- Общий журнал работ, журнал входного контроля, журнал авторского надзора, а также специальные производственные журналы.

### **1.3. Обзор научно-технической литературы по строительному контролю и формированию исполнительной документации**

Различные аспекты контроля качества возведения монолитных несущих железобетонных конструкций, а также оценка их влияния на надежность и безопасность строительных конструкций рассматривались в ряде научных трудов отечественных и зарубежных ученых, в том числе: Афанасьева А. А. [5–7], Байбурина А. Х. [10–19], Бондаренко В. М. [21–23], Гусакова А. А. [35], Гусаковой Е. А. [36; 37], Дикмана Л. Г. [41; 42], Казакова Д. А. [54–60], Кузнецова А. Н. [74; 76], Лapidуса А. А. [30; 85–97; 98; 159], Летчфорда А. Н. [90], Монфреда Ю. Б. [94–97], Олейника П. П. [101–107; 114; 115; 165], Покрасса Л. И. [117; 118], Синенко С. А. [126–133], Теличенко В. И. [30; 156–159], Тамразяна А. Г. [155], Шаленного В. Т. [168–175], Шапиро Г. И. [176], Шинкевича В. А. [33; 89], Stephen R. Pettee [190], Hegazy T. [184], Abdel-Monem [184] и др. Кроме того, обзор научно-технической литературы по строительному контролю в процессе производства работ и формированию исполнительной документации был осуществлен по нескольким базам данных. Анализ баз данных показал, что некоторые зарубежные статьи делают акцент на вопросах контроля, оценки и способов подтверждения качества выполненных строительномонтажных работ. Произведен анализ зарубежной научно-технической литературы по нескольким базам данных: Scopus, Web of Science, ProQuest Dissertations and Theses Global и пр.

**База данных Scopus.** В рассматриваемой базе данных выявлено несколько статей, посвященных строительному контролю и отображению фактически выполненных работ в информационной модели, например, таких авторов, как Edris Jr., Earl V., Fowler J. [181]; Dickinson J., Pardasani A., Ahamed S., Kruithof S. [180]; Hegazy T., Abdel-Monem [184]; Klein L., Li N., Becerik-Gerber B. [185].

В данных источниках освещена проблематика перманентного мониторинга качества за строительством и отображения фактического положения возведенных конструкций, а также отображения приращения выполненных работ за отчетный период. Документация, которая позволяет отразить фактическое состояние конструкций, называется исполнительной документацией. К сожалению, комплект исполнительной документации обычно не полный, он ограничен тем, что формирование данной документации в полном составе выполняют не в процессе производства работ, а уже при сдаче объекта. Исполнительная документация также часто оставляется в руках неопытных рабочих, чтобы выполнять корректировку чертежей и формировать исполнительные схемы и чертежи. К исполнительной документации можно отнести ежемесячные отчеты, результаты лабораторного контроля, результаты проведенных экспертиз в процессе строительства, фактические исполнительные схемы и чертежи, документацию от поставщиков на применяемые материалы, акты приемки выполненных работ и пр.

Существует несколько подходов, позволяющих разбить исполнительную документацию на составляющие – базы данных, которые будут ежедневно постоянно обновляться, по мере поступления новой информации с объекта строительства. Данным подходам также не хватает возможности использовать продолжительно обновляемую исполнительную документацию, чтобы управлять процессом строительства, координировать договоры и определять недостатки заранее, чтобы избежать дорогостоящих переделок. Подробная исполнительная документация необходима для отслеживания процесса строительства представителями строительного контроля, контролирующими производство строительных работ и график производства работ. Однако исполнительная

документация в основном представляет собой ручной процесс, который требует много времени и имеет человеческий фактор в виде ошибок и некорректности отображения данных. В данных статьях предлагается структура, в которой используются распространенные коммуникационные инструменты (электронное взаимодействие) для разработки общей системы отслеживания процесса строительства и двунаправленной коммуникации между участниками проекта и головным офисом. Кроме того, для своевременного фиксирования любых отклонений и изменений применяются различные системы BIM-моделирования, отображающие любые приращения и отклонения выполняемых работ.

Исполнительные модели и чертежи являются важными документами, используемыми во время эксплуатации и технического обслуживания зданий и сооружений для различных целей, включая оперативное управление объектами, оборудованием и инженерными системами. Эти документы проходят процедуры непрерывной проверки и корректирования сразу после строительства, в процессе первоначальной передачи в эксплуатацию, чтобы отражать изменения фактического положения конструкций от проектного положения, так же как и на этапе внесения изменений, которые происходят на протяжении эксплуатации объекта. Существующие в настоящее время процедуры проверки и корректирования включают в себя много времени на анализ изменений, где измерения проводятся и записываются вручную. В целях оптимизации этого процесса предполагается использование фотограмметрической обработки изображений для документирования и проверки фактически выполненных работ.

**База данных Web of Science.** Для анализа в качестве примера рассмотрим статьи следующих авторов: Omar T., Nehdi M. L. [188]; Park J., Cai. H. [189].

Исполнительная документация имеет важное значение для содействия принятию решений в области управления проектами, а также для работы по эксплуатации и обслуживанию зданий. Учитывая важность исполнительной документации, быстроразвивающаяся технология моделирования строительной информации (BIM), объектно-ориентированная платформа интеграции информации привела к появлению параллельной сборной базы данных

документации на этапе строительства. Однако в текущей практике интеграция записей о строительстве в BIM остается проблемой из-за их гетерогенных и неструктурированных форматов данных. Отставания от графика и несоответствие между построенными и проектными базовыми планами являются неблагоприятными событиями, которые часто происходят на строительных объектах. Следовательно, отслеживание прогресса строительства в реальном времени и мониторинг строительных материалов, изделий и оборудования остается важной частью управления проектами и имеет решающее значение для достижения целей проекта.

В статьях рассмотрены различные технологии сбора данных, которые используют усовершенствованные автоматизированные технологии. Данные технологии позволяют предоставлять информацию о любых отклонениях от проекта на строительных объектах.

**База данных ProQuest Dissertations and Theses Global.** В рамках зарубежных диссертационных исследований для примера можно привести работы следующих авторов: Golparvar-Fard M. [183]; Moghani E. [187].

В диссертационных исследованиях описывается проблематика соответствия выполненных работ в натуре на строительной площадке с проектными значениями. Выявленные в процессе строительства фактические или прогнозируемые отклонения при производстве строительного-монтажных работ на площадке имеют решающее значение для управления и мониторинга объектом, поскольку они дают возможность оценивать техническое состояние объекта для того, чтобы избежать отклонений конструкций или свести к минимуму их последствия. Несмотря на важность, текущие методы мониторинга требуют ручной сборки данных со строительной площадки. Кроме того, из-за большой нагрузки, наблюдения порой проводятся редко, а мониторинг осуществляется несистематическими метриками. Также современные методы отчетности являются визуально сложными, что требует больше времени, затрачиваемого на формирование, передачу и согласование технической документации.

Основной целью исследования является разработка общей структуры для представления информации, которая включает несколько моделей процесса, фактического состояния конструкций и внешние факторы проекта в одну систему для создания полной хронологии производства СМР, включая все изменения в натуре от проекта.

Анализ научно-технических трудов показал, что существует множество методов контроля качества строительной продукции – как в процессе производства работ, так и по итогу выполненных строительных конструкций. Кроме того, рассмотрено и приведено множество параметров и факторов, оказывающих различное всестороннее влияние на качество выполненных работ на различных стадиях жизненного цикла проекта, начиная от проектирования, заканчивая итоговой приемкой возведенных конструкций. При этом подробно не рассмотрены аспекты, включающие в себя интенсивность, влияние и изменчивость возникающих в строительных конструкциях отклонений вследствие производственно-технических и организационных факторов.

#### **1.4. Основные аспекты ведения исполнительной документации в строительстве, требования к формированию и порядку комплектации**

Перечень документов и порядок оформления исполнительной документации (ИД) при производстве строительного-монтажных работ, реконструкции и капитальном ремонте объектов строительства формируется соответствующими нормативно-техническими регламентами (норм и правил), а также проектной, организационно-технологической и рабочей документацией. Комплекты исполнительной документации формирует подрядчик (лицо, осуществляющее строительство) – как производитель работ. Комплекты документов, сформированные за отчетный промежуток времени (регулируется договором), направляются на проверку и согласование ответственным представителям строительного контроля, а также лицу, осуществляющему авторский надзор. Процесс формирования и согласования ИД в более подробном виде представлен на Рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Процесс формирования и согласования ИД по результатам выполненных работ

Помимо промежуточного контроля технологии производства работ, применяемых материалов и их качества, объемов выполненных работ, данная документация является неотъемлемой частью при итоговой проверке законченного строительством объекта надзорными органами. Оформленная в соответствии со всеми требованиями НТД и отображающая фактическое исполнение проектных решений, ИД является основанием для получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию. После ввода объекта в эксплуатацию документация подлежит передаче собственнику объекта или эксплуатирующей (управляющей) организации, где она хранится на протяжении всей эксплуатации объекта. В обязательный состав ИД по объекту входят: исходно-разрешительная документация; ИД по конструкциям и внутренним инженерным системам; ИД по сетям инженерно-технического обеспечения.

В состав исходно-разрешительной документации входят следующие основные документы: Заверенная копия договора подряда; Перечень всех

организаций, которые участвуют при строительстве объекта; Свидетельство о допуске к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства; Приказы и доверенности с назначением ответственных лиц, подтверждающие правомерность ведения строительных работ на объекте, а также осуществления строительного контроля за производством работ подрядчика (генподрядчика); Квалификационные удостоверения работников; Свидетельства о создании юр. лица, о внесении сведений в Единый государственный реестр и постановке на учет в налоговом органе; Документ (свидетельство), подтверждающий внесение привлеченной лаборатории в Государственный реестр; Свидетельство об аттестации и аккредитации лаборатории; Квалификационные удостоверения лиц, осуществляющих испытания, измерения, обследования; Свидетельства о проверке средств измерений и испытаний и иные документы, подтверждающие их соответствие законодательству о техническом регулировании [139].

Процесс строительства состоит из множества различных видов работ, которые взаимосвязаны между собой во времени и технологической последовательности. Существуют определенные виды работ, контроль за выполнением которых не может быть проведен после выполнения других (последующих) работ, данные работы называют скрытыми – работы [139], которые не могут быть проверены визуально после выполнения последующих работ, прекращающих доступ к ранее произведенным работам. Для подтверждения выполнения данных видов работ составляются **акты освидетельствования скрытых работ**. Список работ, которые являются скрытыми и подлежат освидетельствованию, как правило, определяется проектной или рабочей документацией [139, 163]. Кроме того, в нормативных документах имеются примерные перечни скрытых работ. В актах указывается вся необходимая информация об участниках СМР, о выполненных работах со ссылками на проектную (рабочую) документацию, в соответствии с которой проводились работы, и реквизиты непосредственно прилагаемых к акту документов, подтверждающих качество выполненных работ.



Приемка завершенных строительством ответственных несущих конструкций, когда устранение выявленных в процессе проведения строительного контроля недостатков невозможно без разборки или повреждения других строительных конструкций и участков сетей инженерно-технического обеспечения, оформляется **актом освидетельствования ответственных конструкций**. Список работ, которые подлежат освидетельствованию, как правило, определяется также проектом или рабочей документацией [139, 163]. Приемка участков сетей инженерно-технического обеспечения, устранение выявленных нарушений в которых невозможно без разборки или повреждения других строительных конструкций и участков сетей инженерно-технического обеспечения, оформляется **актом освидетельствования участков сетей инженерно-технического обеспечения**. К вышерассмотренным актам, прилагаются множество различных документов, отражающих исполнение нормативно-правовых актов в строительстве, качество применяемых материалов, фактическое исполнение проектных решений в натуре и пр [164]. Общий состав документов представлен блок-схемой на Рисунке 1.2.

Наиболее распространенными видами работ, которые являются скрытыми, непосредственно влияющими на несущую способность зданий и сооружений, а также их конструктивных элементов, являются: устройство каждого слоя основания под фундамент, установка опалубки, армирование железобетонных конструкций, бетонирование железобетонных конструкций, устройство закладных деталей, установка анкеров, монтаж металлоконструкций, установка сборных железобетонных элементов, заделка стыков и швов, устройство гидроизоляции, устройство тепло- и звукоизоляции, устройство защитных покрытий и пр.



Рисунок 1.2 – Блок-схема состава ИД

Подрядная организация, выполняющая строительные-монтажные работы согласно договору подряда, формирует и предоставляет исполнительную документацию в комплектности по соответствующим шифрам рабочей документации со штампом «В производство работ» или проектной документации в нескольких экземплярах. Оригинальный комплект исполнительной

документации включает в себя следующие документы, имеющие оригинальные подписи и синие печати организаций: акты освидетельствования работ с подписями всех участников строительства, исполнительные схемы (в том числе геодезические), паспорта на оборудование, заводские изделия (в том числе металлопрокат), каждую партию поставляемого бетона, паспорта на растворы, заключения, протоколы лабораторного контроля и других испытаний и т. д.

Для комплектации остальных экземпляров используют акты освидетельствования с оригинальными подписями, исполнительные чертежи и схемы (в том числе геодезические) с оригинальными подписями исполнителей. Документы, подтверждающие качество применяемых материалов и изделий, – сертификаты соответствия, паспорта качества, заключения и протоколы лабораторного контроля – прилагаются к комплекту в виде заверенных копий [112]. Копия документа заверяется штампом «Копия верна» и подписью уполномоченного лица с указанием должности и печатью организации.

Исполнительная документация и ее копия должны иметь читаемый формат, без подчисток и исправлений. Вносить изменения и дополнения в акты допускается только в случае уведомления всех лиц, участвовавших в освидетельствовании или приемке работ. Если имеются рукописные исправления в актах, то составляется письмо, заверенное ответственными представителями, в котором указывается весь перечень исправлений по каждому пунктам акта.

Так как основной объем исполнительной документации составляют именно акты скрытых работ, то в диссертационном исследовании рассмотрим именно данный документ. Согласно РД-11-02-2006, акты освидетельствования скрытых работ имеют регламентируемую форму и структуру. Данная форма может быть изменена нормативно-правовыми актами, например, по состоянию на 2022 г. действует форма акта, утвержденная приказом № 470 от 09.11.2017 от Ростехнадзора.

Структуру акта можно разделить на 3 условные части: титульную часть («шапку акта»), информацию о строительном контроле и технический информационный блок о выполненных работах.

В титульной части указывается наименование объекта капитального строительства, реконструкции и капитального ремонта, в полном соответствии с утвержденной проектно-сметной документацией. Также указывается вся необходимая информация о застройщике / техническом заказчике, лице, осуществляющее строительство (которое является генподрядной организацией) и о лице, осуществляющем подготовку проектной документации. Участниками СМР могут быть как юридические лица, так и индивидуальные предприниматели. В качестве данных приводятся наименование организаций, их ОГРН и ИНН, адреса регистрации, информация о СРО участников строительства, где это предусматривается утвержденной формой акта и Градостроительным кодексом.

В графе АОСР «Лицо, осуществляющее подготовку проектной документации» как правило указывается генеральный проектировщик, разрабатывающий проектную или рабочую документацию. Также при наличии договора на авторский надзор осуществляет авторский надзор на основании контракта и «Положения об авторском надзоре проектных организаций за строительством предприятий, зданий и сооружений в г. Москве», утвержденного Постановлением г. Москвы от 30.12.1997 № 938.

Информации о строительном контроле включает в себя информацию о представителях лиц, указывается должность ответственного лица, Ф. И. О., наименование организации, представителем которой он является. Также обязательным требованием является наличие в актах реквизитов правоустанавливающих документов (приказов или доверенностей), позволяющих осуществлять строительный контроль, авторский надзор, принимать участие в приемке и подтверждении выполненных работ. При этом лицо, осуществляющее строительный контроль (специалист по организации строительства), а также авторский надзор (специалист по организации архитектурно-строительного проектирования) [139], должны состоять в национальном реестре специалистов НОСТРОЙ и НОПРИЗ соответственно, согласно статьям 53, 55.5-1 ГрК РФ.

В техническом информационном блоке указывается информация о соответствии выполненных работ требованиям технических регламентов,

нормативных документов и проектной (или рабочей) документации с ссылками на соответствующие пункты, регламенты, шифры, листы документов. Данный блок отражает информацию о выполненных работах и содержит реквизиты технических документов, отражающих качество материалов и качество выполненных работ.

В п. 1 АОСР указывается наименование работ в соответствии с проектно-сметной документацией (ПСД), а также актом формы КС-2, сформированным подрядчиком за отчетный период. В данном пункте также должна быть привязка выполненных работ к осям, конструктивным элементам, этажам, отметкам и т. п. В п. 2 АОСР указывается наименование организации, разработавшей проект, с реквизитами на шифр проектной (рабочей) документации, в соответствии с которой были проведены работы. Именно благодаря данному пункту можно оперативно осуществить контроль соответствия фактически выполненных работ конкретным проектным решениям.

Одним из основных аспектов является пункт с подтверждением применяемых материалов. В п. 3 АОСР указывается наименование примененного материала с его маркировкой, типоразмером и реквизитами на документы, подтверждающие качество данного материала. Наименование и характеристики материалов должны соответствовать ПСД и требованиям нормативно-правовых актов и документов. Основной упор делается на физико-механические характеристики (прочностные), соответствие требованиям пожарной безопасности. В данном пункте указывается вид документа, его номер и дата выдачи. К документам, подтверждающим качество, относятся: сертификаты соответствия, декларации о соответствии, свидетельства о государственной регистрации, санитарно-эпидемиологические заключения, сертификаты, паспорта и документы о качестве, технические листы, инструкции и прочие документы. Все указанные документы в п. 3 АОСР прикладываются к акту, т. к. по ним осуществляется контроль соответствия характеристик и свойств материалов проектной документации.

Следующим немаловажным пунктом является п. 4 АОСР, где указываются реквизиты и ссылки на прилагаемые к акту исполнительные геодезические схемы и чертежи, результаты лабораторного контроля, выполненного в процессе строительного контроля. По данным документам возможно проконтролировать и оценить результат выполненных работ, т.к. на исполнительных схемах отображаются участки и объемы выполненных работ (конструкций), их геометрические характеристики, а также фактические отклонения – фактическое исполнение проектных решений. В соответствии с действующей НТД, фактические отклонения конструкций не должны превышать значения нормативных допусков. Наличие недопустимых значений отклонений свидетельствуют о некачественно выполненной работе, в результате чего данные конструкции не могут быть приняты строительным контролем для дальнейшего производства работ и безопасной эксплуатации объекта. По результатам лабораторного контроля проверяются прочностные характеристики возведенных конструкций, качество уплотнения, качество выполненных сварных и болтовых соединений, а также осуществляется проверка параметров, указанных в документах, подтверждающих качество применяемых материалов, изделий и оборудования. Далее в актах указывается информация о фактических датах производства работ, а также ссылки на проектную документацию и НТД, в соответствии с которой были проведены СМР.

## **1.5. Соотношение исполнительной документации и качества в строительстве.**

### **Постановка проблематики**

#### **1.5.1 Функции исполнительной документации**

В процессе реализации проекта по строительству, реконструкции и капитальному ремонту объем работ может изменяться – это является нормальной и ожидаемой частью процесса. По результатам выполнения СМР все фактические изменения документируются, чтобы показать фактически выполненные работы и оценить степень соответствия изменений ПСД.

В отраслевой литературе мало информации об исполнительной документации и ее подготовке в процессе строительства, ввиду чего возникают следующие вопросы. Насколько детально она должна разрабатываться? Кто несет ответственность за ее содержание? Как она будет использоваться? Насколько полно и прозрачно она отражает качество выполненных СМР? В сфере организации строительством данную проблематику необходимо подробно рассмотреть.

ИД является важной частью объема работ подрядчика. К сожалению, как показывает практика, ее формирование часто игнорируется подрядчиками до окончания стадии строительства. К исполнительным документам иногда относятся как к административному препятствию среди многих других, требуемых, чтобы закрыть проект.

Перед тем, как рассматривать проблематику по формированию ИД, следует сначала точно определить, каким целям они служат, и объяснить некоторые проблемы, связанные с данной документацией.

Первая функция исполнительной документации заключается в том, чтобы служить универсальным хранилищем всех внесенных изменений. Следовательно, генподрядчик и все его подрядчики, субподрядчики, теоретически, работают, основываясь на актуализированных документах, отражающих ход работы в целом. Предполагается, что документы обновляются с изменением рабочей документации. В этом случае исполнительные чертежи играют роль информационного ресурса, доступного в ходе работы и отображающего все текущие санкционированные изменения. Подрядчик должен формировать ИД по ходу выполнения работ и делать это своевременно для дальнейшего использования указанной в ней информации всеми участниками строительства, включая органы по надзору.

Вторая функция – использование ИД в качестве подтверждения подрядчиком выполнения работ. После строительства объекта исполнительные схемы и чертежи могут использоваться эксплуатирующей организацией для планирования мероприятий по увеличению срока службы объекта. Документы,

подтверждающие качество примененных материалов, позволяют определить фактический состав конструкций и элементов. Это позволяет выявлять и устранять проблемы, а также предоставляет возможность для перепланировки, ремонта или реконструкции. Также эти данные могут использоваться, например, для мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, анализа аварий, включения в различные руководства, к сведению арендатора, для литературы по лизингу/продаже и для информирования соответствующих регулирующих органов.

Третья функция ИД заключается в оценке качества строительства, выполненных работ и конструкций. Если рассматривать понятие качества в рамках информационного блока ИД, то оценку качества можно раскрыть как соответствие фактических физико-механических и геометрических характеристик применяемых материалов, изделий и оборудования, а также результата выполненных работ требованиям НТД (нормативной документации, технических регламентов, нормативно-правовых актов, проектно-сметной документации, рабочей документации, документации завода-изготовителя).

### **1.5.2. Постановка проблематики по формированию исполнительной документации и отображению основных параметров качества в ней**

Некоторые подрядчики формируют и предоставляют ИД в установленные сроки с максимально расширенным корректным информационным блоком. Данные подрядчики являются меньшинством. Причины предоставления некачественной ИД различны, но большинство причин можно объяснить отсутствием мотивации, неполным пониманием того, что в конечном итоге требуется от них. Есть также еще две менее существенные причины. Первая – это генеральный подрядчик, который не может координировать все стороны, ответственные за осуществление строительного контроля и предоставление ИД. Вторая – это восприятие того, что трудозатраты не соответствуют величине оплаты за выполненную работу. Далее в подразделах диссертационного исследования описаны конкретные, выявленные в ходе анализа научно-



технической литературы и прикладного опыта аспекты, раскрывающие проблематику исследования.

**Недостаток мотивации.** Как показывает практика, некоторые подрядчики не желают выполнять качественную работу по составлению ИД с должным отображением всех необходимых параметров, рассматриваемых ранее, или даже не способны это сделать, поскольку они не мотивированы выполнять требуемую работу. Это может быть вызвано целым рядом причин: нехваткой персонала, временем, бюджетом, обязательствами или просто недооцениваем необходимости, несмотря на требование договоров и НТД. Даже в случае соблюдения всех необходимых требований цель по документальному сопровождению объекта строительства может быть не выполнена, так как работа по формированию данной документации обычно делегируются наименее опытному инженеру, практиканту или младшему сотруднику. Эти люди имеют мало опыта и обычно являются низкооплачиваемым персоналом. И подрядчик, и руководитель строительных работ могут быть виновны в отсутствии мотивации, и если кто-то один из них недостаточно заинтересован, то страдает из-за этого, прежде всего, общий результат работ [190].

Исходя из практики, можно сделать вывод, что у подрядчика мало стимулов для распределения линейной работы по составлению и согласованию приемочных или других документов, которые широко используются на объекте среди прорабов, мастеров, субподрядчиков, производителей и поставщиков. Подрядчик, в свою очередь, видит это следующим образом: нет необходимости формировать комплекты ИД и оформлять должным образом любые изменения положения конструкций и элементов от проектных значений, так как в конечном итоге все работы должны быть выполнены в соответствии с проектом. Постоянная передача информации представляется для подрядчика излишней, тем самым весь процесс по архивированию изменений и формированию ИД по фактически выполненным работам воспринимается как излишняя бюрократия. Кроме того, в случае отсутствия согласования строительным контролем и авторским надзором изменений у подрядчика нет веских оснований для

документирования возникших отклонений от проекта, за которые он может быть оштрафован или вовсе выполненные работы не смогут быть принятыми.

**Недостаток денежных средств.** Сбор и анализ информации, комплектация подписанных чертежей и ежемесячная отчетность в виде технической документации предполагает значительные трудозатраты ИТР подрядчика. Финансовые затраты на содержание ИТР, а также на формирование исполнительной документации в основном могут быть заложены в накладных расходах сметы, при этом не учитывается сложность формирования и согласования ИД. Например, из-за отсутствия необходимых исходных данных в редактируемом формате ИТР геодезистам приходится вычерчивать исполнительные схемы и чертежи практически «с нуля», что повышает трудозатраты данных специалистов и занимает большой объем времени. Также в процессе производства СМР может возникнуть множество изменений в фактическом исполнении проектных решений, каждый из которых необходимо задокументировать в соответствии со всеми требованиями строительного контроля, технического заказчика, заказчика и, соответственно, с действующей НТД. Объем информации, которую необходимо будет отобразить в ИД, может быть огромным, а следовательно, потребуются задействовать большое количество инженеров. Первостепенной задачей перед подрядчиком стоит выполнение СМР в натуре, а оформление отчетной технической документации является лишь второстепенной. Как правило, подрядчик экономит на заработной плате опытных инженеров и нанимает малоопытных сотрудников для формирования документации. В связи с этим возникает риск с несоблюдением сроков приемки выполненных работ. Стоит отметить, что у подрядчика, как правило, в рамках договора отсутствуют повышающие и премиальные ставки за своевременно и качественно выполненную работу. В результате этого можно сделать вывод, что у подрядчиков отсутствуют финансовые стимулы для покрытия трудозатрат.

На практике встречаются случаи, когда подрядчик по факту выполненных работ за отчетный период предоставляет исполнительные схемы и чертежи, где в основном отображает объемы выполненных работ в соответствии с актом

выполненных работ по форме КС-2 лишь для оплаты. При этом остальной комплект ИД он предоставляет гораздо позже отведенного срока, в связи с чем представители строительного контроля не могут принять выполненные работы в срок, а заказчик, соответственно, произвести оплату [184]. Отсутствие оплаты за выполненные работы в отчетный период для некоторых подрядчиков может привести к финансовым проблемам при производстве работ и заказе строительных материалов для последующего отчетного периода. Более проблемной ситуацией для всего объекта является банкротство подрядчика в связи с вышеописанными причинами.

Стоит также обратить внимание на то, что подрядчик может экономить, привлекая в производство СМР менее обученных и менее опытных рабочих, что напрямую отражается на качестве строительства, несмотря на то, что на объекте может вестись непрерывный строительный контроль. Также на качество влияют поставляемые материалы, на которых подрядчик может сэкономить.

**Проблемы при работе с организациями-посредниками.** В строительном производстве может быть задействовано множество различных организаций, выполняющих работы в рамках одного объекта. Как показывает практика, генеральный подрядчик может выполнять менее 50 % работы своими силами, в связи с чем остальной объем работы выполняет иное лицо – посредник, с которым заключаются соответствующие договоры. При производстве СМР может потребоваться множество специализированных работ, в которых генеральный подрядчик должен привлекать специализированные субподрядные организации на различных этапах производства работ. К данным работам могут относиться следующие: монтаж систем и сетей связи безопасности объекта; работы, связанные с пожарной безопасностью объекта; устройство специальных покрытий и железобетонных конструкций и т. п. При этом подрядчики или субподрядчики должны иметь соответствующие лицензии и СРО с допуском к специальным видам работ. Кроме того, даже если рассматривать общестроительные работы, которые не требуют специализированных подрядчиков, генеральный подрядчик может заключить договор подряда, а подрядчик, в свою очередь, может

привлекать под различные виды работы нескольких субподрядчиков. В связи с этим многие стороны несут ответственность за выполнение работ и, следовательно, ответственность за своевременное корректное предоставление технической информации для формирования ИД и контроля качества выполненных работ. Генеральный подрядчик должен координировать подрядчиков, анализировать и систематизировать огромное количество как технической, так и деловой информации (деловая переписка), а это сложная задача [189]. Каждый подрядчик, согласно своим договорным отношениям, выполняет СМР и предоставляет ИД своему заказчику, который может быть как застройщиком, генеральным подрядчиком, техническим заказчиком, так и подрядчиком. При этом стоит обратить внимание, что требования по сдаче-приемке выполненных работ, указанные в договорах, могут различаться среди участников строительства, учитывая иерархию цепочки договоров. Кроме того, также могут различаться исходные данные, в соответствии с которыми должны выполняться СМР. Важно заметить, что все СМР выполняются согласно общей проектной и рабочей документации, в которую могут не своевременно вноситься актуальные изменения по фактически выполненным работам различных подрядчиков.

Можно выделить одну из системных проблем при коммуникации и передаче информации между всеми участниками строительства – это отсутствие анализа и учета результата выполненных работ, которые имеют свое фактическое отображение в ИД других подрядчиков, задействованных на данном объекте, участке или фронте работ. Как правило, подрядчики или субподрядчики не смотрят ИД по выполненным предыдущим работам иных подрядчиков, выполняющих параллельно свой объем работ.

Как показывает практика, заказчик также может привлекать инжиниринговую компанию, которая может осуществлять строительный контроль [77], функции технического заказчика, а также оказывать услуги по техническому сопровождению организационно-технической документации. Учитывая, что ИТР инжиниринговой компании могут осуществлять свою

трудовую деятельность в офисе, а объект посещать в определенное короткое время, они могут не иметь всей необходимой информации о фактическом исполнении в натуре проектных решений. В свою очередь, подрядчики могут предоставлять подготовленную ИД с отображением факта выполненных работ, но при этом они могут нарушить сроки предоставления документации, а также направленная ИД может быть неполной и иметь различную детализацию в связи с различными требованиями предоставления ИД согласно заключенным договорам с различными подрядчиками. В связи с этим при итоговой приемке и сдаче объекта возникают разногласия в информационном блоке технической документации, которые могут не позволить сдать объект в эксплуатацию в срок.

**Проблема ожиданий генподрядчика от субподрядчика.** При завершении выполнения определенного вида работ подрядчику необходимо предъявить результат работ строительному контролю, а также сформировать отчетную техническую документацию. На практике в большинстве договоров отсутствуют конкретные требования к оформлению, предоставлению и сдаче исполнительной документации, а также степени детализации необходимой информации. В основном в договорах ссылаются на общую НТД и соответствующие РД. Однако некоторые организации разрабатывают свои внутренние регламенты по формированию и предоставлению ИД, а также регламенты по приемке и контролю качества выполненных работ. Данные регламенты, если они и разрабатываются, могут быть различного объема и детализации, иногда они могут нести лишь общую информацию, которая в малой степени помогает подрядчикам и субподрядчикам сдавать выполненные работы, а представителям строительного контроля – принимать работы [190].

Например, для подрядчика важно в срок выполнить СМР за соответствующий отчетный период и сформировать ИД для того, чтобы заказчик произвел оплату. Представителям строительного контроля, технического заказчика, генерального подрядчика и авторского надзора важно, чтобы работы были выполнены качественно, в соответствии с нормативно-технической и проектной документацией, а предоставленная ИД несла в себе всю необходимую

информацию для оценки соответствия [25]. В связи с этим могут возникать конфликты интересов как со сдающей стороны, так и с принимающей. По этой причине на практике возникают ситуации, когда подрядчики или субподрядчики становятся банкротами из-за неспособности подтвердить качество выполненных работ и, соответственно, из-за отсутствия оплаты этих работ.

Между представителями строительного контроля / заказчика / авторского надзора и подрядчиком могут возникнуть разногласия относительно того, какая степень отклонения факта выполненных работ и конструкций от проекта будет допустима, а какая – нет и что необходимо вносить в рабочую документацию как изменение проектных решений. Например, собственник может захотеть точно знать, где находится каждое скрытое от глаз оборудование, но чертежи могут являться схематическими, и поэтому подрядчику необходимо будет доказывать расположение оборудования или какого-то элемента конструкции при помощи геодезической исполнительной съемки, выполненную за дополнительные финансовые средства. Различные ожидания обычно заканчиваются тем, что генеральный подрядчик или собственник/заказчик недовольны тем, что они получили по сравнению с тем, что каждый из них предполагал получить.

**Проблема нехватки нормативно-технической документации.** По результату анализа научно-технических трудов [78, 79], нормативно-правовых актов и документов, а также в процессе личного прикладного опыта в сфере строительного контроля на различных объектах строительства, реконструкции и капитального ремонта выявлены общая нехватка нормативно-технической документации и сложность в иерархии отдельных нормативных документов и регламентов по формированию и контролю исполнительной документации.

Что касается строительного контроля непосредственно на строительной площадке, существуют положения градостроительного кодекса, отдельные разделы различных СП, технические регламенты, инструкции. Но на данном этапе самостоятельного нормативного документа, включающего в себя всю необходимую детализированную информацию по строительному контролю

типовых, наиболее часто встречающихся видов работ и контролю отчетной технической документации, не разработано [78, 79].

Если рассматривать информационное отображение необходимых параметров и показателей качества выполненных работ в рамках формирования ИД, то возникает дефицит нормативно-технической документации [79]. Имеется основной документ по формированию ИД – РД-11-02-2006, в котором процесс формирования, оформления и сдачи ИД описан в общих чертах. Также существуют подразделы в некоторых СП по сдаче-приемке выполненных работ, где про ИД может быть указано всего пару абзацев. Кроме того, имеется ГОСТ на оформление геодезической исполнительной документации, который предписывает правила оформления исполнительных схем и чертежей. Например, в СП 48.13330.2019 приведен примерный перечень исполнительной документации, в связи с чем согласно этому перечню каждый заказчик, генподрядчик или представитель строительного контроля может расширять данный перечень в рамках работы на своих объектах. Таким образом, нет четкой инструкции по формированию полноценной, наиболее информативной отчетной технической документации по выполненным работам. Разные участники строительства могут предъявлять к подрядчикам различные требования, наиболее удобные для себя. Часто на практике возникают ситуации, при которых формирование ИД отводится наименее опытным ИТР подрядчика, которые могут определить правильность формирования и полноту отображения необходимой для строительного контроля информации исходя лишь из опыта своей и чужой работы. Следствием данной ситуации являются выдача множества замечаний к ИД и увеличению срока приемки выполненных работ – учитывая предыдущие рассмотренные аспекты, это может стать проблемой для подрядчика при производстве последующих работ.

Некоторые организации в связи с нехваткой НТД разрабатывают свои внутренние регламенты, эти регламенты могут быть различны, в зависимости от специализации проводимых работ на объекте, к тому же не являются общедоступными для всеобщей сферы строительства. Для того чтобы обеспечить

прозрачность, уменьшить бюрократический фактор и уменьшить сроки приемки выполненных работ, как на строительной площадке, так и при проверке ИД, необходимо на основе внутренних регламентов и существующей НТД разрабатывать подробные инструкции по сдаче-приемке выполненных работ. В данные инструкции могут входить подробные всеобщие требования по формированию ИД, а также обязательные контролируемые параметры в процессе входного контроля, операционного контроля и приемочного контроля СМР. Как пример подробной инструкции можно рассмотреть так называемые «Чек-листы», которые локально используются техническими заказчиками и генеральными подрядчиками на отдельных видах работ.

### **1.5.3. Отражение качества строительства в исполнительной документации**

Заказчик или застройщик заключает договор с проектной организацией для разработки разделов проектной документации. Также договор может распространяться и на услуги по оказанию авторского надзора. Проектная организация может выступать в качестве генерального проектировщика, который может нанимать субподрядчиков по проектным вопросам и вопросам, связанным с ведением авторского надзора. Генподрядчик выбирается на основе проведения тендерных торгов. Генеральный подрядчик – лицо, которое осуществляет строительство на основании договора генподряда, заключенного с заказчиком. Генподрядчик в свою очередь подбирает организации, которые непосредственно будут вести строительные-монтажные работы. Такие организации называются подрядчиками, которые действуют на основе договора подряда, заключенного с генподрядной организацией. Заказчик может привлечь еще одну организацию, которая осуществляет функции технического заказчика на объекте строительства. Стоит сказать, что и сам заказчик может выполнять функции технического заказчика, при условии соблюдения требований и допусков к соответствующему виду работ. Все отношения между участниками строительства строго регламентируются заключенными договорами и действующим законодательством.



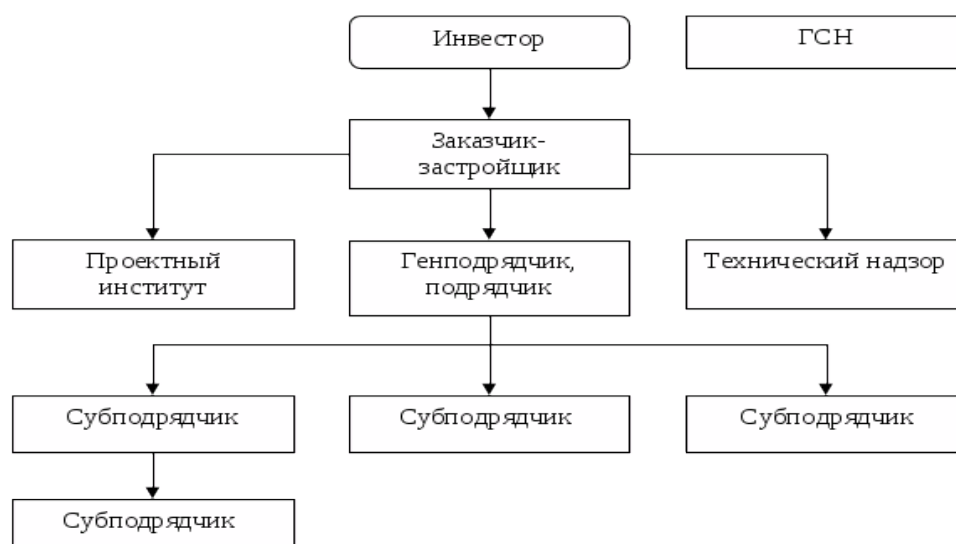


Рисунок 1.3 – Структура управления строительством

Процесс строительного-монтажных работ выполняется в строгом соответствии с проектной и рабочей документацией, в определенные сроки согласно графику производства работ. Все строительные материалы, оборудование и изделия, поставляемые на объект, должны соответствовать проектно-сметной документации (входной контроль). В конце отчетного периода (указывается в договорах) подрядчики направляют отчетную документацию, которая включает в себя: комплект исполнительной документации по выполненным работам за отчетный период, акты форм КС-2, КС-3, акты выполненных работ и прочие документы, регулируемые заключенными договорами и НТД. В процессе проверки и согласования проверяются объемы и качество выполненных работ на соответствие с проектом со стороны ответственных представителей генподрядчика, технического заказчика, авторского надзора и строительного контроля со стороны заказчика.

После окончания всех строительного-монтажных работ, пуско-наладочных работ и работ по благоустройству, а также формирования полного комплекта исполнительной документации начинается этап ввода объекта в эксплуатацию. Для того чтобы получить разрешение на ввод в эксплуатацию, необходимо получить ЗОС (заключение о соответствии) – документ о соответствии построенного, реконструированного объекта капитального строительства

требованиям проектной документации, требованиям энергетической эффективности, требованиям оснащённости объекта приборами учета энергетических ресурсов, а также требованиям нормативно-правовых актов и требованиям безопасной эксплуатации объекта [120]. Для этого назначается государственная комиссия в составе инспекторов различных профилей, отвечающих за проверку соответствующего раздела проектной документации с фактическим исполнением проектных решений в натуре.

Помимо визуальной оценки возведенных конструкций и элементов, инспекторы рассматривают на соответствие проектной документации параметры и характеристики выполненных работ, которые отражены в исполнительной документации. Кроме того, ИД имеет юридическую силу, она отражает всех ответственных лиц и организации, участвующие при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объекта (Рисунок 1.4). Основная несущая нагрузка в исполнительной документации – отображение в качестве информационного блока следующих основных фактических показателей выполненных работ: участники строительства, их ответственные представители, последовательность производства работ, какие материалы были применены, параметры лабораторного контроля, объемы выполненных работ, фактическое положение возведенных конструкций, погодные и технологические условия, каким оборудованием и насколько качественно производились работы.

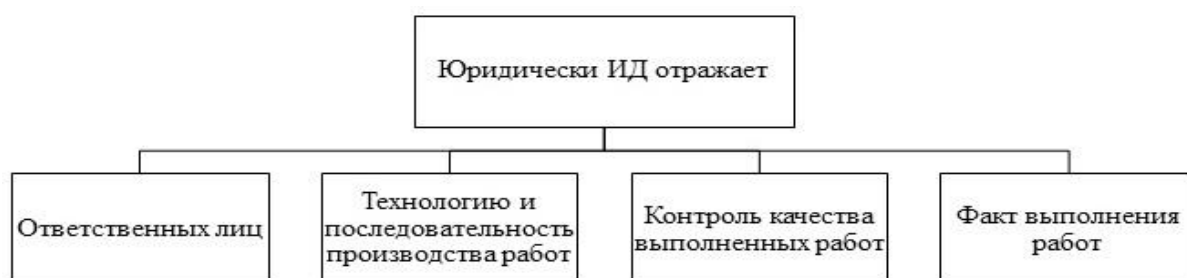


Рисунок 1.4 – Схема отображения блоков юридической составляющей ИД

Ответственные представители несут ответственность за приемку выполненных работ, тем самым подтверждая качество. В случае возникновения

какой-либо аварии, например, обрушения, в первую очередь изучают исполнительную документацию, выявляя причины аварии. ИД должна соответствовать проектно-сметной документации, фактическому объему работ, выполненному за отчетный период, а также отчетной документации, направляемой подрядчиком в конце каждого отчетного периода. В итоге все конструкции должны находиться в проектном положении – в иных случаях необходимо прибегать к согласованию с проектной организацией и внесению в рабочие или проектные чертежи соответствующие корректировки, не влияющие на безопасную эксплуатацию и несущую способность конструкций [6].

Основная задача контроля качества – предупреждение, выявление и устранение причин отклонений, которые могут привести в строительстве к браку. Любые несоответствия, выявленные после приемки работ, а также после завершения СМР, исправить проблематично, что влечет за собой не только увеличение сроков работы с объектом, но и дополнительные финансовые затраты, не заложенные при формировании проекта. Внутренний контроль качества СМР включает в себя входной контроль проектно-сметной и рабочей документации, поставляемых материалов и оборудования, операционный контроль отдельных строительных процессов или производственных операций. Кроме того, к данному виду контроля относится и приемочный контроль выполненных конструкций.

Входному контролю материалов подвергаются все поставляемые на строительные площадки материалы, заводские изделия, конструкции и оборудование. Контроль осуществляется за счет внешнего визуального освидетельствования на наличие дефектов, а также за счет анализа сопроводительной документации на соответствия фактического привезенного материала характеристикам, указанным в проектно-сметной документации. Наряду с сопроводительными документами (сертификатами, паспортами, декларациями и т. п.), ссылки на которые указываются в актах освидетельствования скрытых работ, журнал входного контроля является доказательным документом соответствия поставляемых материалов требованиям проектных характеристик.

В процессе выполнения строительных работ или производственных операций осуществляется операционный контроль. Данный контроль необходим для своевременного выявления брака строительства и принятия мер по его устранению и предупреждению. В данном случае контролируется соблюдение технологии выполнения СМР и процессов, соответствие фактически выполненных конструкций требованиям проектной документации, а также нормативной документации. При приемочном контроле производят проверку и оценку качества ответственных конструкций, оценку качества выполненных строительно-монтажных работ, а также оценку исполнительной документации для анализа выполненных скрытых работ.

Производственный контроль качества (внутренний) осуществляют:

- Контроль правильности составления и оформления исполнительной документации выполняет производственно-технический отдел;
- Контроль качества выполненных конструкций производят инженеры строительного контроля;
- Геодезисты выполняют геодезическую съемку выполненных конструкций и оформляют исполнительные геодезические схемы для выявления отклонений;
- Контроль прочностных характеристик выполненных конструкций, уплотнения оснований, сварных швов металлоконструкций и контроль несущей способности анкеров осуществляет привлеченная аккредитованная лаборатория;
- Линейные ИТР осуществляют оперативный контроль за процессами возведения конструкций (мастера, прорабы, инженеры проекта, имеющие соответствующую квалификацию).

При входном контроле в основном проверяется:

1. Соответствие поставляемых материалов, изделий и оборудования проектно-сметной, а также организационно-технологической документации, их прочностные, физико-механические, геометрические характеристики;
2. При визуальном осмотре - отсутствие внешних дефектов и повреждений, к которым относятся сколы, трезины, раковины, вмятины и пр. Осмотру подвергаются как упаковки, так и материалы, изделия и оборудование;

3. Комплектность оборудования или изделия в соответствии с паспортом или документом о качестве;

4. Соответствие характеристикам, указанным в паспорте, сертификате, ТУ, ГОСТ и пр.;

5. Наличие полного и корректного комплекта сопроводительной документации, подтверждающих наименование, тип, марку, объем поставки, дату поставки, физико-механические характеристики материалов, изделий и оборудования.

7. Качество и условия складирования привозимых материалов.

Необходимо уделять большое внимание именно сопроводительной документации и обеспечивать ее хранение вплоть до сдачи объекта в эксплуатацию, т. к. в ней указываются необходимые данные, подтверждающие тип, маркировку, геометрические характеристики, прочностные характеристики, реологические характеристики и в целом качество используемых материалов и оборудования. Кроме того, по данным документам можно подтвердить степень огнестойкости материала или изделия, степень горючести, плотность, теплопроводность, геометрические характеристики и прочие требования, которые приведены в проектной документации.

Сопроводительные документы, подтверждающие качество, бывают нескольких типов:

– документы, выданные заводу-изготовителю или поставщику специальными сертификационными органами, которые подтверждают соответствие изготавливаемой продукции нормативно-техническим регламентам (СП, ГОСТ, ТУ, ТР), в том числе требованиям таможенных норм;

– документ, выдаваемый заводом-изготовителем, отображающий прочностные, физико-механические, геометрические, реологические характеристики и свойства изготавливаемой продукции.

К первому типу можно отнести сертификаты соответствия, декларации о соответствии, свидетельства, заключения, отказные письма. Ко второму – сертификаты качества, паспорта, документы о качестве, технические листы,

инструкции, бирки, гарантийные талоны и пр. Перечень продукции, которая должна быть сертифицирована в различных сферах, определяется нормативно-правовыми актами.

Проверка результатов, технологии и качества выполненных СМР осуществляется при помощи лабораторного контроля. Также при помощи данного вида контроля можно проверить соответствие изделий техническим характеристикам, указанным в паспорте, ТУ или ГОСТ. По результатам лабораторного контроля (заключения, протоколы, акты) можно проконтролировать степень уплотнения оснований, качество сварных и болтовых соединений, толщину и плотность нанесенного покрытия на конструкцию, пористость и плотность оснований и покрытий, прочностные характеристики бетонных образцов в возрасте 7 и более 28 суток и пр. На все измерительное оборудование к комплекту исполнительной документации прикладываются свидетельства о поверке и калибровке, а также квалификационные удостоверения сотрудников.

По результату выполненных работ осуществляется геодезический контроль и мониторинг. Данный вид контроля также является одним из основных. Геодезические исполнительные схемы отображают фактическое расположение возведенных конструкций, объемы выполненных работ, фактические отклонения конструкций и оснований от проектного положения и от проектной отметки. Отображение данной информации напрямую влияет на дальнейшее техническое состояние объекта и безопасную эксплуатацию [43]. В действующем законодательстве имеются определенные требования к отклонениям строительных конструкций, если фактические отклонения превышают нормативные предельно допустимые, то возникает опасность технического состояния конструкций и дальнейшей безопасной эксплуатации объекта [40, 159]. Учитывая безусловную важность данных параметров, более подробно нормативные требования предельно допустимых отклонений и статистика фактических отклонений рассмотрены во второй главе.

## Выводы по главе 1

1. Выполнен анализ научно-технической литературы по теме исследования. Произведен анализ прикладного характера технической исполнительной документации по видам работ с оценкой ее содержания. Исполнительная документация в строительстве является основным документом, отображающим качество выполненных работ и техническое состояние возведенных конструкций, которая впоследствии дает полную техническую информацию о построенных зданиях и сооружениях. Данная документация также необходима для сдачи объекта в эксплуатацию – она отображает такие показатели выполненных СМР, как геометрические характеристики конструкций объекта, отклонения по вертикали и горизонтали конструкций, прочностные характеристики и реологические свойства конструкций, объемы примененных материалов, ответственные лица, а также последовательность и технологию выполнения работ.

2. В существующей нормативно-технической базе основным документом, отражающим соответствие проектных решений их фактическому исполнению, является исполнительная документация – а именно акты освидетельствования скрытых работ на ответственные конструкции, инженерные системы и сети инженерно-технического обеспечения.

3. В ходе анализа выявлено, что на безопасную эксплуатацию объекта влияет не только качество выполненных строительно-монтажных работ, но и качество оформления документации, в том числе исполнительной. Как показывает практика, несмотря на то, что исполнительная документация формируется после окончания какого-либо вида работ по их фактическому исполнению в натуре, в ней могут быть погрешности основных ее показателей (характеристики материалов, объемы и т. п.), то есть нарушается соответствие между фактическими работами и техническими документами. Изучив параметры, отражающие качество конструкций в исполнительной документации и сопоставив их с фактом, можно выявить, насколько объективно информационный блок

отображает параметры качества. Как показывает практика, информация, указанная в комплектах исполнительной документации, может быть отображена в искаженном, неполном виде. При сдаче объекта в эксплуатацию одним из основных требований является корректно и достаточно полно оформленная ИД. Наряду с возможными несоответствиями в виде брака СМР и ненормативными отклонениями, именно некорректно оформленная ИД является препятствием для своевременного завершения проекта. Сложность в корректировке исполнительной документации возрастает, учитывая тот факт, что некоторые организации, которые выполняли строительно-монтажные работы и, соответственно, занимались формированием ИД, к моменту ввода объекта в эксплуатацию расформируются или банкротятся. Основываясь на данном аспекте, заказчику или застройщику необходимо прибегнуть к ресурсам и помощи других организаций, чтобы исправлять, а также восстанавливать исполнительную документацию, тем самым затрачивая денежные ресурсы, не учитываемые при формировании бюджета проекта.

4. В рамках изучения вопроса подтверждения качества и сроков выполнения СМР выявлено негативное влияние некоторых аспектов строительного производства – как в отношении строительного контроля, так и при формировании исполнительной технической документации. Как показывает практика и научно-теоретический анализ, ошибки в оформлении документов (искажение информационного блока, отражающего техническое состояние выполненных конструкций) носят лишь косвенный характер влияния на дальнейшую безопасную эксплуатацию здания и сооружения, т. к. это лишь проблема предоставления информации. Наиболее серьезное и прямое влияние оказывают сам процесс СМР и строительный контроль, соответственно, в связи с этим необходимо рассматривать в комплексе факторы как прямого воздействия, так и косвенного.

5. Для повышения контроля качества производства строительно-монтажных работ и грамотного формирования исполнительной документации, которая



исключает искаженную информацию параметров качества, необходимо выявить закономерности документального несоответствия с фактическим исполнением и фактическими дефектами выполненных конструкций. Первостепенной задачей для решения данного вопроса является выявление наиболее значимых параметров, отражаемых в исполнительной документации, которые влияют на качество и долговечность строительных конструкций. Кроме того, по результатам анализа различных литературно-технических и нормативно-технических источников, а также практического опыта возникает необходимость более подробной проработки методических рекомендаций по контролю качества строительных конструкций и формированию исполнительной документации. Данные рекомендации позволят исключить погрешности и неточности между документальным подтверждением и выполнением работ в натуре.

## **ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ОТРАЖАЮЩИХ КАЧЕСТВО ВОЗВЕДЕННЫХ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **2.1. Выбор объекта-представителя и определение основных параметров, отражаемых в исполнительной документации для контроля качества выполненных работ**

В качестве объекта-представителя выбрано несколько объектов строительства и реконструкции различного назначения. Данные объекты приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Объекты-представители для научного исследования

<b>№ п/п</b>	<b>Вид объекта</b>	<b>Назначение объекта</b>	<b>Вид конструкций</b>
1	Станции метро Московского метрополитена	Объекты транспортной инфраструктуры	Монолитные несущие ж/б конструкции
2	Многоэтажные жилые здания (различной этажности) с подземной парковкой в г. Москве	Объекты жилищного строительства	Монолитные несущие ж/б конструкции
3	Дошкольное образовательное учреждение в г. Москве	Объект образования	Монолитные несущие ж/б конструкции

Исходя из рассматриваемых объектов строительства, для диссертационного исследования выбраны основные горизонтальные и вертикальные несущие конструкции, которые имеют наибольшее влияние на безопасную эксплуатацию объекта – это монолитные железобетонные стены, колонны, пилоны, балки и плиты перекрытия [112].

Для определения основных параметров, отражаемых в ИД, были изучены и проанализированы акты освидетельствования скрытых работ, акты освидетельствования ответственных конструкций с приложениями (комплекты исполнительной документации) по строительным объектам – станциям метро Московского метрополитена, объектам жилищного строительства и объекту дошкольного образовательного учреждения. На основе проведенного анализа были выявлены основные параметры, документально отражающие качество выполненных СМР [112], которые приведены в упрощенной схеме на Рисунке 2.1.

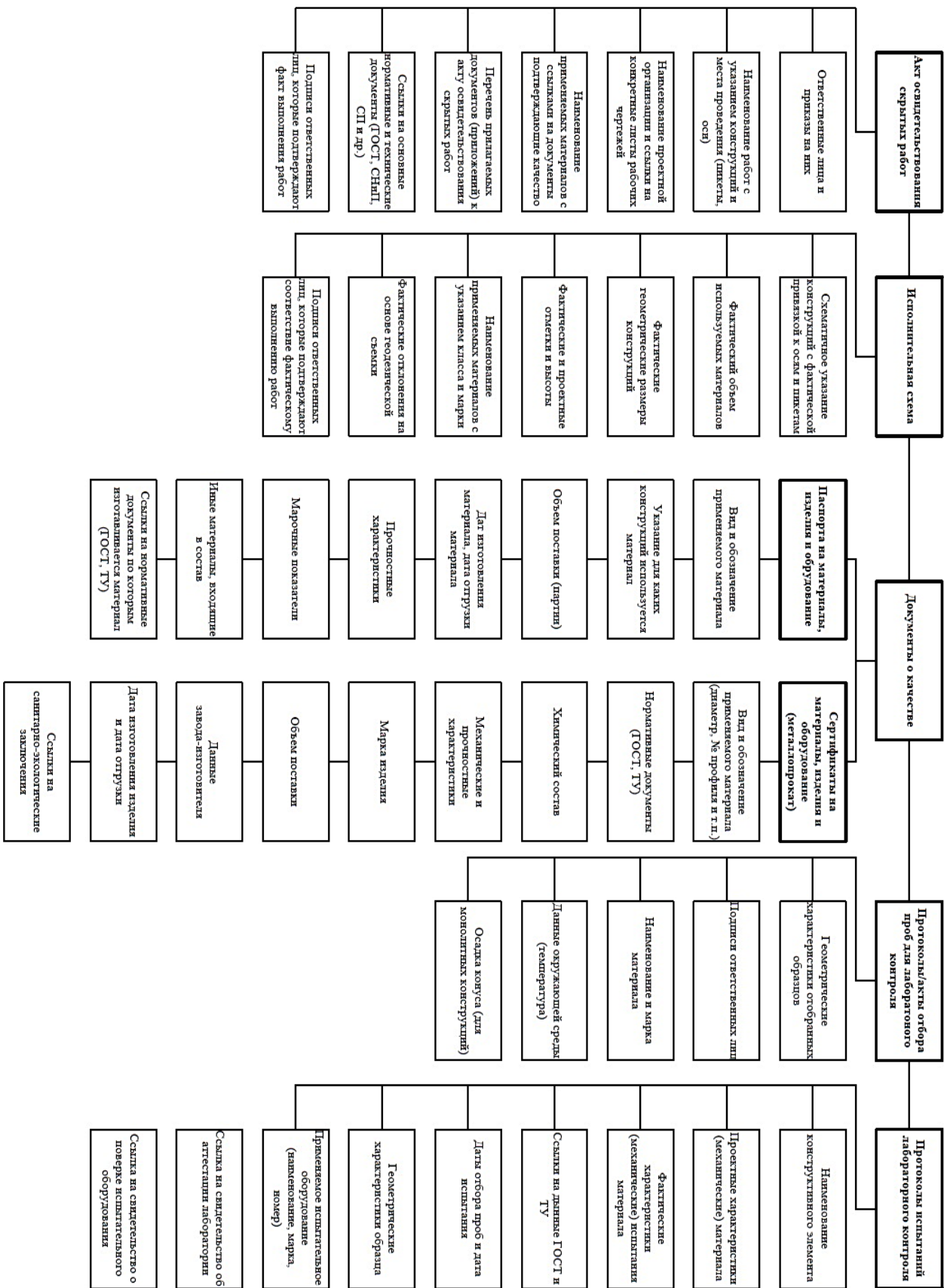


Рисунок 2.1 – Упрощенная схема основных параметров, отраженных в ИД

## **2.2. Анализ факторов, влияющих на качество построенного объекта строительства**

На основе сформулированных выводов первой главы было определено, что при строительстве возникают различного рода погрешности и отклонения, в том числе погрешности в отображении необходимых параметров информационного блока. Собрав базу статистических данных параметров отклонений строительных конструкций, отображенных в исполнительной документации, выполнена их систематизация [112]. Обработав статистические данные с применением методов математической статистики и анализа, можно провести теоретическое исследование для определения степени погрешности основных параметров, отображающих качество выполненных монолитных конструкций. При достаточной погрешности основных показателей и уменьшении ее степени необходимо выявить величину основных параметров и на основе этого разработать мероприятия для дополнения и изменения подхода при отображении фактических данных конструкций в исполнительной документации.

Для того чтобы оценить качество выполненных работ, необходимо как визуальное освидетельствование, так и документальное подтверждение, которое можно интерпретировать через исполнительную документацию (в том числе результаты лабораторных и иных экспертиз). В связи с этим можно выделить факторы, которые влияют на само качество СМР – факторы прямого и косвенного воздействия (Рисунок 2.2). Факторы прямого воздействия – факторы, в первую очередь влияющие непосредственно на качество и несущую способность возводимых конструкций (отклонения по горизонтали и вертикали строительных конструкций; геометрические характеристики конструкций; качество применяемых строительных материалов; качество выполненных работ) [28, 45, 50, 71, 75]. Факторы, не влияющие на несущую способность и производство работ, но отображающие основные показатели и параметры качества выполненных работ в виде информационного блока, – факторы косвенного

воздействия (погрешности основных показателей в комплекте исполнительной документации; неполная информация о выполненных работах) [110].



Рисунок 2.2 – Дихотомия факторов, оказывающих влияние и отображающих качество законченного строительством объекта

Определив факторы прямого и косвенного воздействия и проанализировав параметры, отображаемые в исполнительной документации можно оценить степень влияния каждого фактора на качество строительно-монтажных работ объектов строительства [110].

### 2.3. Основные параметры факторов прямого воздействия

В данном подразделе рассмотрены параметры, в первую очередь влияющие на фактическое состояние конструкций, надежность и их дальнейшую эксплуатацию. Выявленные параметры факторов прямого воздействия приведены в Таблицах 2.2–2.4 на примере конструктивных элементов некоторых объектов.

Таблица 2.2 – Фиксируемые параметры качества выполненных железобетонных стен

№ п/п	Наименование фиксируемых параметров	Фиксируемые фактические значения			
		по оси 8	по оси 9	по оси 10	м/о 10–11
1	Наименование АОСР с привязкой к осям	25Сб в осях 8–10/Г			
2	Фактическое положение рассматриваемой конструкции	по оси 8	по оси 9	по оси 10	м/о 10–11
3	Величина отклонения низа стены от проектного положения	2	6	8	7
4	Величина отклонения верха стены от проектного положения	9	2	12	7
5	Величина отклонения высоты бетонируемой захватки от проекта	6	3	7	5
6	Величина отклонения толщины нижнего сечения от проектных параметров	2	4	3	1
7	Величина отклонения толщины верхнего сечения от проектных параметров	4	2	5	1
8	Величина отклонения линейного размера ширины бетонируемой захватки	10			

Таблица 2.3 – Фиксируемые параметры качества выполненных железобетонных плит перекрытия и балок перекрытия

№ п/п	Наименование отклонений	Наименование фиксируемых параметров	Фиксируемые фактические значения отклонений			
			1Пб	2Пб	3Пб	4Пб
1	Превышения (отметки)	Низ перекрытия и балок перекрытия	8	5	7	7
			3	6	5	6
			5	4	7	5
			5	7	-	-
			2	-	-	-
			3	-	-	-
			11	-	-	-
			2	-	-	-
			5	-	-	-
			10	-	-	-
		Верх перекрытия	-	2	7	5
			-	6	9	9
			-	8	3	1
			-	4	8	9
2	Вертикальные значения (толщина перекрытий и балок)	Толщина перекрытия	3	1	2	2
		Высота балок перекрытия	2	3	1	2
		Высота от основания до нижней грани плиты перекрытия (высота в пределах 8–11 м)	3	1	3	10
			5	0	3	5
		2	3	3	7	

№ п/п	Наименование отклонений	Наименование фиксируемых параметров	Фиксируемые фактические значения отклонений			
			Наименование АОСР			
			1Пб	2Пб	3Пб	4Пб
3	Горизонтальные размеры конструкций	Длина перекрытия	0	0	8	3
		Ширина перекрытия	3	2	5	7
		Толщина балок перекрытия	0	2	0	1
		Толщина стен	-	-	-	-
		Ширина колонн	-	-	-	-
		Длина колонн	-	-	-	-
		Расстояние от оси до грани	-	-	-	-

Стоит обратить внимание, что для вертикальных конструкций количество фиксируемых параметров увеличивается, т.к. необходимо проконтролировать фактическое расположение, вертикальность, соосность, толщину сечения, высотные отметки выполненных конструкции в соответствии с проектной и рабочей документацией.

Таблица 2.4 – Фиксируемые параметры качества выполненных монолитных железобетонных колонн

Наим. отклонений	№ п/п	Наименование фиксируемых параметров	Устройство монолитных железобетонных колонн платформенного участка 2-го и 3-го этажа											
			27Кб		28Кб		29Кб		32Кб		33Кб		34Кб	
			в осях Б/11	в осях В/11	в осях Б/10	в осях В/10	в осях Б/12	в осях В/12	в осях Б/8	в осях В/8	в осях Б/9	в осях В/9	в осях Б/13	в осях В/13
в плоскости	3	Величина отклонения низа колонны от проектного положения	5	5	5	4	4	5	5	11	15	0	5	5
	4	Величина отклонения верха колонны от проектного положения	7	1	5	1	1	5	7	8	11	2	7	1
	5	Величина отклонения толщины нижнего сечения от проектных параметров	2	2	2	2	2	2	2	5	6	0	2	2
	6	Величина отклонения толщины верхнего сечения от проектных параметров	3	0	3	0	0	2	3	4	5	1	3	0
из плоскости	7	Величина отклонения низа колонны от проектного положения	3	4	4	3	3	4	3	14	7	11	3	4
	8	Величина отклонения верха колонны от проектного положения	5	5	4	7	7	4	1	10	10	14	5	5
	9	Величина отклонения толщины нижнего сечения от проектных параметров	1	2	2	1	1	2	1	7	3	5	1	2
	10	Величина отклонения толщины верхнего сечения от проектных параметров	2	3	2	3	4	2	1	5	5	7	2	3
Откл. Выс.	11	Величина отклонения высоты бетонированной захватки от проекта	6	8	12	10	11	14	4	3	5	2	8	7

## 2.4. Основные параметры факторов косвенного воздействия

Параметры факторов косвенного воздействия, указаны в Таблицах 2.5–2.6.

Таблица 2.5 – Фиксируемые параметры качества актов освидетельствования скрытых работ и актов освидетельствования ответственных конструкций

№ п/п	Наим. док.	Наименование разделов	Параметры, отражаемые в АОСР
1	Акт освидетельствования скрытых работ	Общее	Данные ответственных организаций
2			Дата акта
3			Наименование организаций
4		Ответственное лицо заказчика	Должность
5			Приказ/доверенность
6			Наименование организаций
7		Ответственное лицо генподрядчика	Должность
8			Приказ/доверенность
9			Наименование организаций
10		Ответственное лицо, осуществляющее строительство (подрядчик)	Должность
11			Приказ/доверенность
12			Наименование организаций
13		Ответственное лицо проектной организации	Должность
14			Приказ/доверенность
15			Наименование организаций
16		Иные лица (представитель эксплуатирующей организации)	Должность
17			Приказ/доверенность
18			Наименование работ
19		п. 1. Освидетельствованные работы	Наименование конструкций
20			Привязка (пикеты, оси, отметки)
21			Наименование проектной организации
22		п. 2. Проектная документация	Шифр проекта
23			Ссылки на конкр. листы с конструкциями
24			Наименования материалов, изделий
25		п. 3. Применяемые материалы, изделия с ссылками на документы, подтверждающие качество	Класс/марка
26			№ документа качества
27			Дата документа качества
28		п. 4. Перечень прилагаемых документов, подтверждающих соответствие работ	Наименование документа
29			Даты документов
30		п. 6. Основные нормативно-технические документы	Наименование документа
31			Конкретные пункты
32			Разделы ПД
33		Приложение	Наименование документа
34			№ документов
35			Дата документов
36		Подписи ответственных лиц	Наименование организации
37			Должность ответственного лица



Таблица 2.6 – Фиксируемые параметры качества приложений к актам освидетельствования скрытых работ

№ п/п	Наим. док.	Параметры
1	Исполнительные схемы	Наименование конструкций
2		Геометрические параметры
3		Привязка рассматриваемых конструкций
4		Наименование применяемых материалов
5		Фактический объем используемых материалов
6		Фактические отметки и высоты
7		Фактические значения отклонений
8		Подписи ответственных лиц
9		Наименование работы с привязкой
10	Документы о качестве (сертификаты)	Вид и обозначение применяемого материала
11		Ссылки на нормативно-техническую документацию (ГОСТ, ТУ)
12		Химический состав
13		Механические и прочностные характеристики
14		Объем поставки
15		Данные завода-изготовителя
16		Даты изготовления изделия и отгрузки
17		Полнота прилагаемых документов
18	Документы о качестве (паспорта)	№ документа, подтверждающего качество
19		Данные производителя или поставщика
20		Обозначение и вид материала согласно ГОСТ
21		Объем поставки
22		Даты изготовления материала и отгрузки
23		Прочностные характеристики
24		Показатели марки, класса
25		Наименование иных материалов, входящих в состав
26		Ссылки на нормативно-техническую документацию (ГОСТ, ТУ)
27		Подписи ответственных лиц и печати
28		Суммарный объем, указанный в схеме
29	Протоколы/акты отбора проб для лабораторного контроля	№ документа
30		Геометрические характеристики отобранных образцов
31		Наименование объекта
32		Наименование конструктивного элемента
33		Наименование и марка материала
34		Условия окружающей среды (температура)
35		Реологические и технические свойства (параметры)
36		Наименование испытательного оборудования
37		Свидетельство об аттестации лаборатории
38		Свидетельство о поверке оборудования
39		Дата проведения испытаний и выдачи протокола
40		Подписи ответственных лиц

## **2.5. Методика систематизации параметров факторов прямого воздействия и анализ граничных условий отклонений конструктивных элементов**

Факторы прямого воздействия необходимо рассмотреть и проанализировать в первую очередь, так как они непосредственно оказывают влияние на само качество выполненных строительных конструкций [52]. Параметры, относящиеся к данным факторам, подтверждаются следующими документами: исполнительными геодезическими схемами и чертежами, паспортами качества и сертификатами соответствия на применяемые материалы, оборудование, изделия, а также протоколами и заключениями лабораторных испытаний. Геометрические характеристики возведенных конструкций и их фактические отклонения – одни из наиболее важных параметров, отображаемые на исполнительных схемах.

Для систематизации значений выявленных отклонений, их группировки, а также определения закона распределения, для математической интерпретации применена методика, состоящая из следующих основных последовательных мероприятий:

1. Сбор и анализ комплектов исполнительной документации по устройству монолитных железобетонных конструкций;
2. Сбор статистических данных значений отклонений, приведенных в исполнительных геодезических схемах;
3. Анализ и сопоставление приведенных фактических значений отклонений выполненных конструкций с предельно допустимыми значениями отклонений, указанными в нормативно-технической документации;
4. Систематизация значений отклонений в зависимости от конструктивных элементов, наименования вида отклонений и предельно допустимых значений;
5. Построение графиков, отображающих систематизированные данные значений отклонений и частоту их повторений;
6. Определение соотношения степени значений отклонений (по площади гистограмм), находящихся в рамках предельно допустимых значений, а также выходящих за предельно допустимые нормативные значения;

7. Обработка графической интерпретации статистических данных и определение закона распределения выявленных отклонений путем подбора коэффициентов для кривых нормального распределения;

8. Определение основных показателей эмпирических характеристик распределения для проверки их соответствия (дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса, значение мода);

9. Определение интегральных функций закона распределения отклонений в зависимости от конструктивного элемента и предельно допустимых значений отклонений.

Для определения основных показателей и параметров качества был проведен анализ множества комплектов ИД на различные объекты строительства и реконструкции. Проанализировано более 180 актов освидетельствования скрытых работ (АОСР) на установку опалубки и армирование, бетонирование монолитных железобетонных конструкций, а также акты освидетельствования ответственных конструкций (АООК) с приложениями. Стоит обратить внимание, что для обеспечения разнообразия статистических данных, а также увеличения области исследования были проанализированы комплекты ИД различных подрядчиков. По устройству монолитных железобетонных колонн рассмотрено более 50 комплектов ИД и проанализировано 9 типовых параметров. По монолитным железобетонным плитам и балкам перекрытия, а также покрытия – более 30 комплектов ИД и проанализировано 8 параметров соответственно. По монолитным железобетонным стенам – более 50 комплектов ИД и 6 параметров [112].

Отражаемые на исполнительных геодезических схемах величины значений отклонений железобетонных, как вертикальных, так и горизонтальных, конструкций, в соответствии с требованиями нормативных документов по предельно допустимым значениям отклонений, приведены в Таблице 2.7. В разделе 2.6 настоящей главы приведена графическая интерпретация статистических данных значений отклонений в зависимости от их частоты – повторяемости.

Таблица 2.7 – Сводная таблица отклонений конструкций, фиксируемых по исполнительным схемам

Наименование фиксируемого отклонения по ИС	Наименование допусков в нормативной документации	Нормат. знач., мм	Нормат. докум.	Кол-во фиксир. отклон.
<b>Бетонирование железобетонных стен</b>				
Отклонение низа стены от проектного положения	Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций	15	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	46
Отклонение верха стены от проектного положения	Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций	15	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	46
Величина отклонения высоты бетонируемого яруса	Отклонение горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок (табл. 5.12, п. 4)	20	СП 70.13330.2012	46
Величина отклонения толщины нижнего сечения от проектного	Предельное отклонение расстояния между внутренними поверхностями опалубки от проектных размеров	5	СП 70.13330.2012, табл. 5.11	46
Величина отклонения толщины верхнего сечения от проектного	Предельное отклонение расстояния между внутренними поверхностями опалубки от проектных размеров	5	СП 70.13330.2012, табл. 5.11	46
Величина отклонения линейного размера ширины бетонируемой захватки	Отклонение длин или пролетов элементов, размеров в свету	±20	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	13
<b>Бетонирование железобетонных колонн и пилонов</b>				
Величина отклонения низа колонны от проектного положения	Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций	15	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	76
Величина отклонения верха колонны от проектного положения	Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций	15	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	76
Величина отклонения толщины нижнего сечения от проектных параметров	Предельное отклонение расстояния между внутренними поверхностями опалубки от проектных размеров	5	СП 70.13330.2012, табл. 5.11	76
Величина отклонения толщины верхнего сечения от проектных параметров	Предельное отклонение расстояния между внутренними поверхностями опалубки от проектных размеров	5	СП 70.13330.2012, табл. 5.11	76

Наименование фиксируемого отклонения по ИС	Наименование допусков в нормативной документации	Нормат. знач., мм	Нормат. докум.	Кол-во фиксир. отклон.
Величина отклонения высоты бетонированного яруса от проекта	Отклонение горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок (табл. 5.12 п.4)	20	СП 70.13330.2012	38
<b>Бетонирование железобетонных балок и плит перекрытия</b>				
Отметка низа конструкций	Отклонение горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок	20	СП 70.13330.2012, табл. 5.12, п. 4	34
Отметка верха конструкций	Отклонение горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок	20	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	28
Высота сечения	Размер поперечного сечения элемента $h$ при: $h = 400$ мм $h > 2000$ мм	-3+11; -9+25	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	16
Высота от основания до нижней грани плиты перекрытия (высота в пределах 8–11 м)	Отклонения от прямолинейности горизонтальных элементов опалубки перекрытий на длине $L$ , мм 1 класс 2 класс	$L/1000$ , но не более 10 $L/1000$	ГОСТ 34329-2017, табл. 1	24
Толщина балок перекрытия	Размер поперечного сечения элемента $h$ при: $h = 400$ мм $h > 2000$ мм	-3+11; -9+25	СП 70.13330.2012, табл. 5.12	16

## 2.6. Графическое отображение статистических данных с выявлением количества повторений величин отклонений рассматриваемых параметров

По результатам сбора статистических данных значений отклонений конструкций и их систематизации были построены гистограммы для графической интерпретации частоты повторений выявленных величин отклонений в мм для монолитных железобетонных вертикальных конструкций – стен различной толщины сечения. В рамках систематизации значения отклонений были распределены на несколько видов: отклонения стен по оси от проектного

положения в рамках предельно допустимых нормативных значений (Рисунок 2.3); отклонения стен по оси от проектного положения, значения которых выходят за предельно допустимые нормативные (Рисунок 2.4); отклонения высоты бетонируемого яруса стен (Рисунок 2.5); отклонения толщины сечения стен от проектных значений в рамках предельно допустимых нормативных значений (Рисунок 2.6); отклонения толщины сечения стен от проектных значений, выходящих за предельно допустимые (Рисунок 2.7); отклонения линейных размеров ширины бетонируемой захватки стен (Рисунок 2.8).

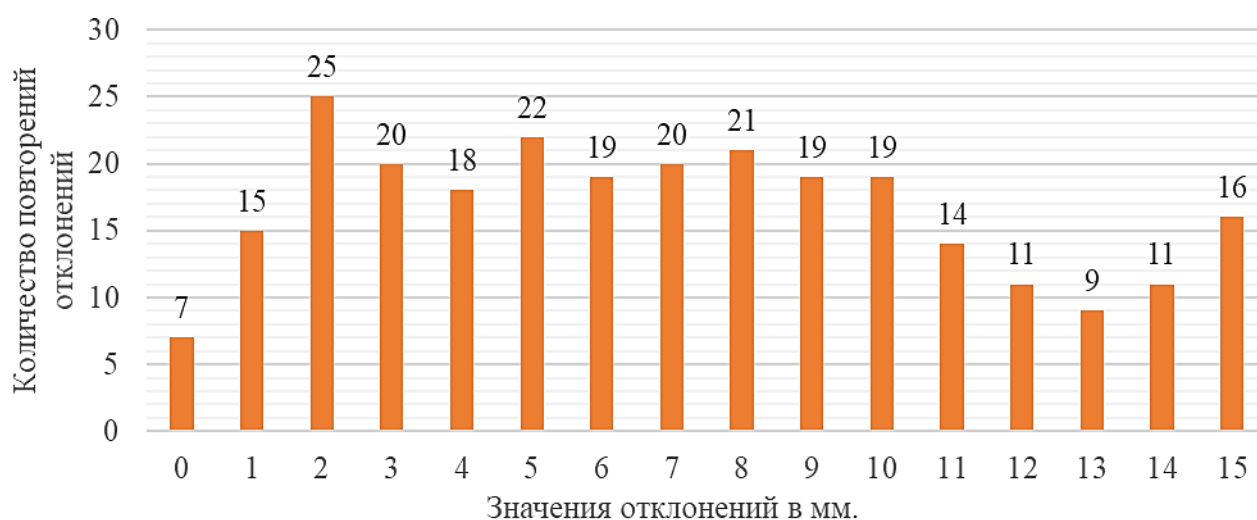


Рисунок 2.3 – Гистограмма значений отклонений стен по оси от проектного положения в границах предельно допустимых отклонений – до 15 мм

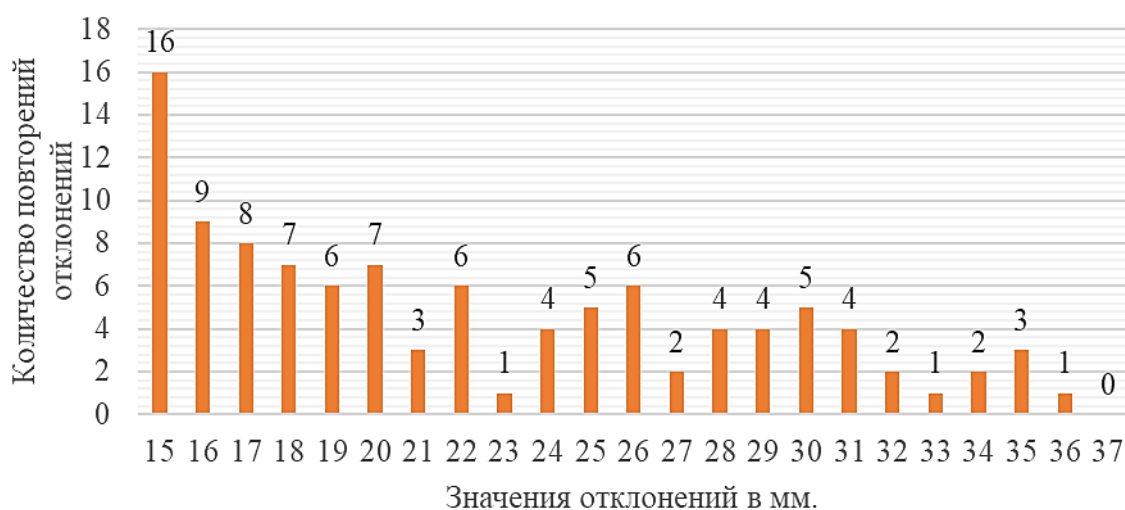


Рисунок 2.4 – Гистограмма значений отклонений стен по оси от проектного положения, выходящих за предельно допустимые отклонения – 15 мм



Рисунок 2.5 – Гистограмма значений отклонений высоты бетонизируемого яруса стен

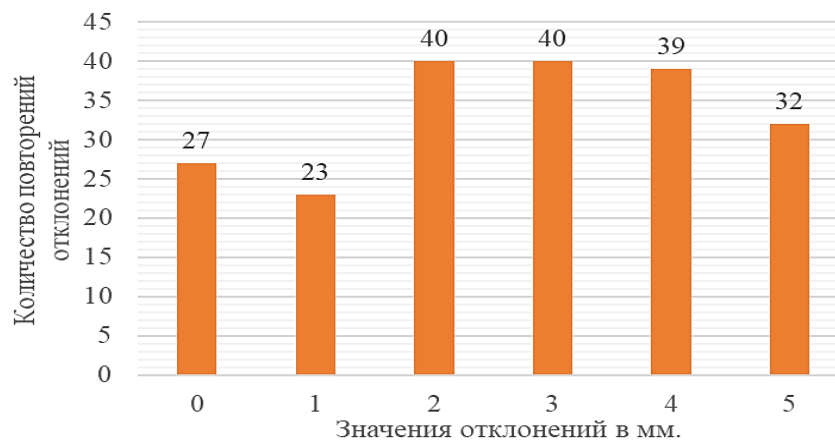


Рисунок 2.6 – Гистограмма значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений в границах предельно допустимых отклонений – 5 мм

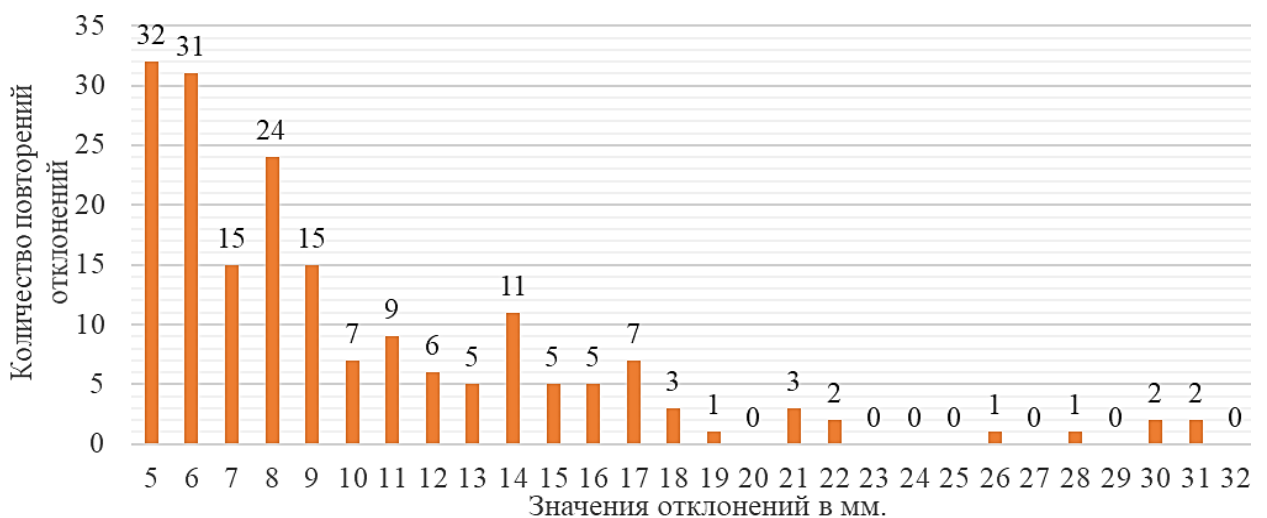


Рисунок 2.7 – Гистограмма значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений, выходящие за границы предельно допустимых отклонений – 5 мм

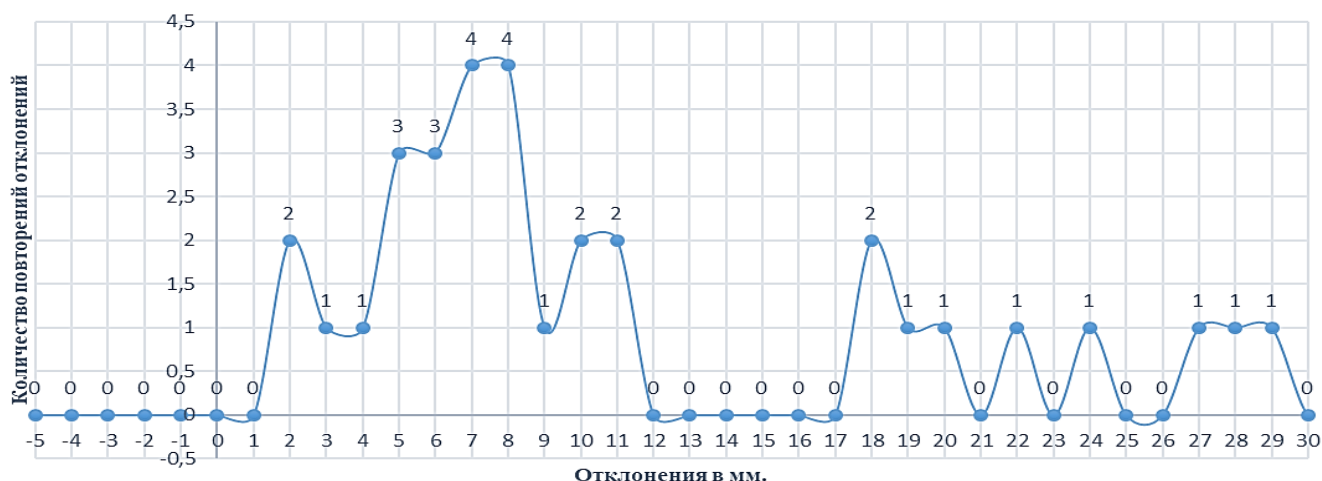


Рисунок 2.8 – График отклонений размеров ширины бетонированной захватки стен

По результатам сбора статистических данных значений отклонений конструкций и их систематизации также построены гистограммы для графической интерпретации частоты повторений выявленных величин отклонений в мм для монолитных железобетонных вертикальных конструкций – колонн и пилонов. В рамках систематизации значения отклонений также были распределены на несколько видов, как и в разделе 2.6.1. Согласно статистическим данным, можно зафиксировать, что значения величины отклонений высоты бетонированного яруса колонн и пилонов не выходят за предельно допустимые нормативные значения (Рисунок 2.9). Частота значений отклонений по оси от проектных требований колонн и пилонов имеет значительную величину как в рамках предельно допустимых значений, так и за их пределами (Рисунки 2.10, 2.11). На Рисунках 2.12 и 2.13 представлены значения отклонений толщины сечения колонн и пилонов от проекта с частотой их фактических повторений.

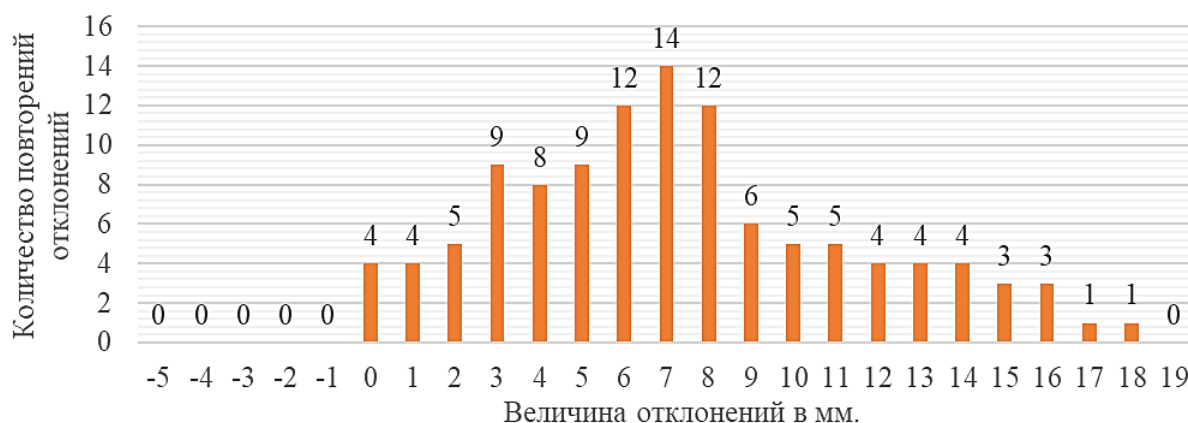


Рисунок 2.9 – Гистограмма значений отклонений высоты бетонированного яруса



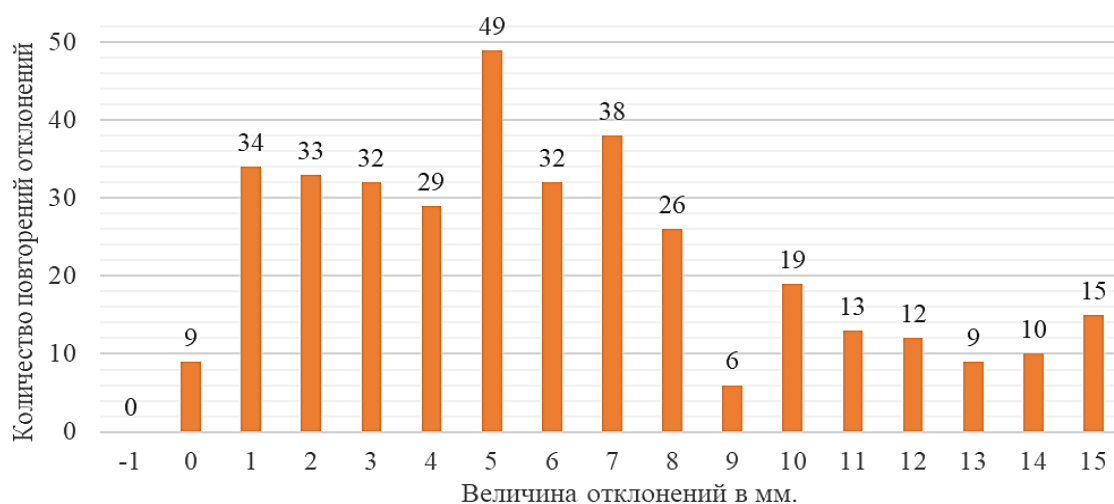


Рисунок 2.10 – Гистограмма значений отклонений колонн, пилонов по оси от проектных значений в границах предельно допустимых значений – 15 мм

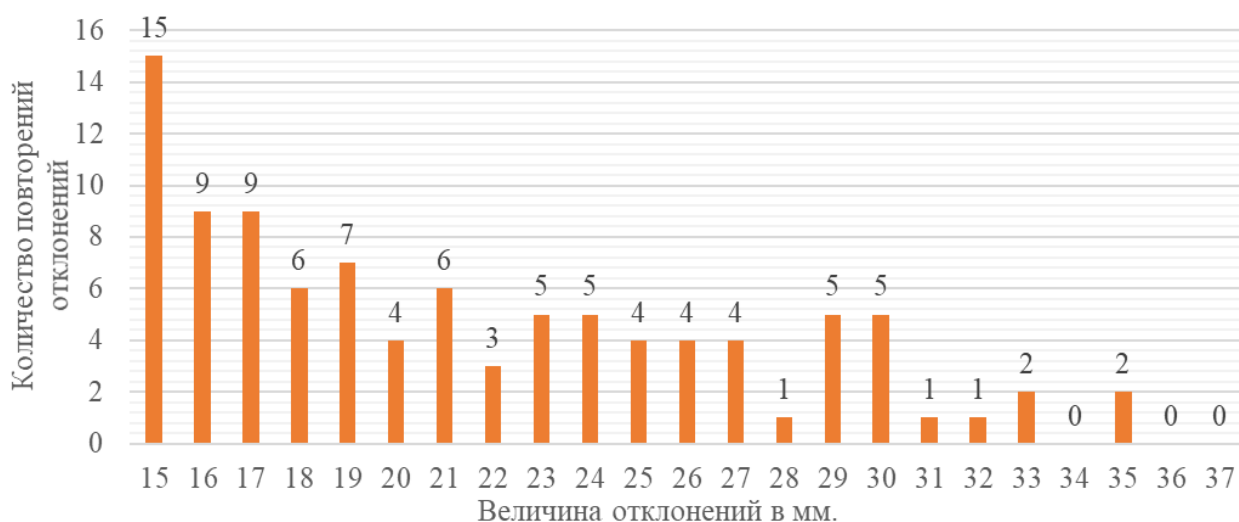


Рисунок 2.11 – Гистограмма значений отклонений колонн, пилонов по оси от проектных значений, выходящих за границы предельных значений – 15 мм

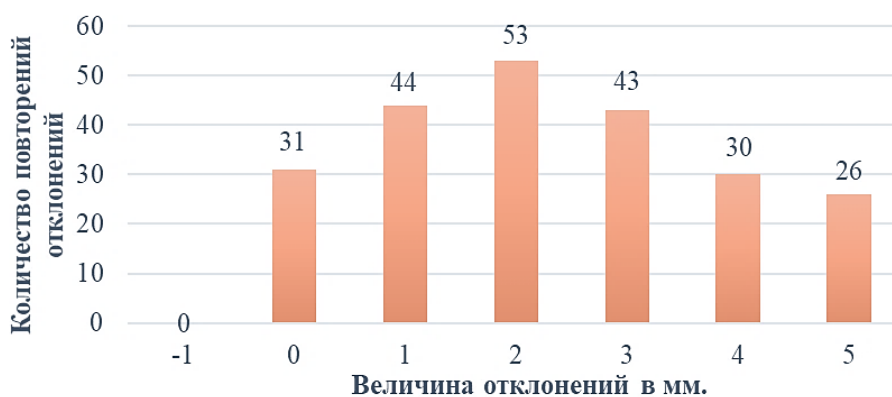


Рисунок 2.12 – Гистограмма значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов от проектных значений в границах предельных значений – 5 мм

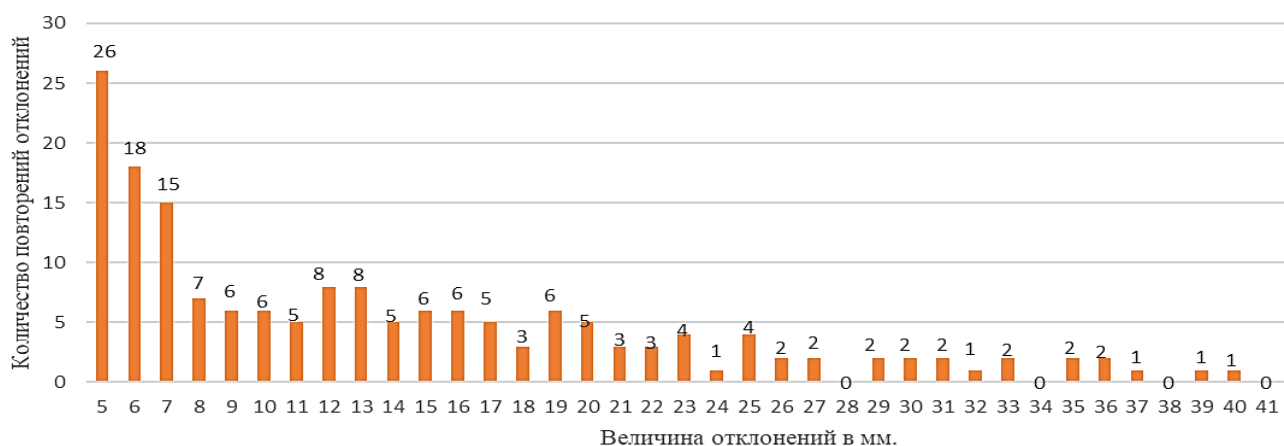


Рисунок 2.13 – Гистограмма значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов от проекта, выходящих за границы предельных значений – 5 мм

## 2.7. Определение процентного соотношения значений отклонений с выявлением наиболее значимых параметров

Выполнив первичный анализ и обработку статистических данных значений отклонений, приведенных в разделах 2.6.1 и 2.6.2, которые являются множественными параметрами качества выполненных работ и конструкций, можно сделать вывод, что фактические выявленные значения отклонений варьируются как в рамках предельно допустимых нормативных значений, так и за их пределами. Количественная оценка данного тезиса приведена в Таблице 2.8. Количество значений отклонений, выходящих за пределы допусков, для стен – 33 %, для колонн и пилонов – 24 %, балок и перекрытий – 1 %. Максимальное превышение допусков зафиксировано в 7,6 раза для стен. В ходе анализа статистических данных значений отклонений можно сделать вывод, что на практике невозможно возвести строительные конструкции строго в соответствии с проектом – миллиметр в миллиметр. Неизбежно возникновение отклонений различной величины, при этом данные значения отклонений могут выходить за пределы нормативных допусков [92]. Это оказывает влияние, в первую очередь, на конструктивную схему здания, распределение нагрузок на несущие элементы, качество строительства и эксплуатационную надежность объекта [43, 75, 112]. Для математической оценки полученных данных и их дальнейшей обработки

применяется методика определения уравнений кривых эмпирического распределения значений отклонений.

Таблица 2.8 – Процентное соотношение значений отклонений и основных параметров монолитных конструкций

№ п/п	Наименование конструктивного элемента	Количество рассмотренных актов	Количество фиксируемых значений параметров	Кол-во значений в рамках допусков	Кол-во значений в рамках допусков, %	Кол-во значений на границе допуска	Кол-во значений на границе допуска, %	Кол-во значений, выходящих за пределы допусков	Кол-во значений, выходящих за пределы допусков, %	Максимальное превышение значений допусков
1.	Стены	50	926	572	60%	52	7%	302	33%	7,6
2.	Колонны, пилоны	50	955	678	71%	44	5%	233	24%	5,8
3.	Балки и плиты перекрытия	30	176	170	97%	4	2%	2	1%	1

## 2.8. Определение закономерности распределения значений отклонений колонн, пилонов по оси

Рассмотрим статистические данные об изменчивости основных параметров значений отклонений монолитных железобетонных колонн по оси, образовав следующий вариационный ряд:

$$P_1, P_2, P_3, \dots, P_m, \quad (2.1)$$

где  $m$  – общее число статистических данных.

Далее полученный простой вариационный ряд преобразуем в сгруппированный. Формируется серия классов  $x$  с равномерным интервалом. В целях достижения высокой точности закона распределения отклонений длина интервала  $d$  принимается равной 2 % [113]. В каждый класс входят данные, для которых  $P$  удовлетворяет неравенству:

$$P_{cp} - \frac{d}{2} < P < P_{cp} + \frac{d}{2}, \quad (2.2)$$

где  $P_{cp}$  – среднее значение интервала, равное полусумме его границ.

Таблица 2.9 – Необходимые исходные данные расчета эмпирических характеристик распределения значений отклонений колонн по оси

Интервал $\Pi$	Центр интервала $\Pi_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$		$\Sigma r$	
			$r$	$r, \%$	$r$	$r, \%$
-0,5 – 0,5	0	-2,5	9	2,0043	9	2,0
0,5 – 1,5	1	-2	34	7,5718	43	9,6
1,5 – 2,5	2	-1,5	33	7,3491	76	16,9
2,5 – 3,5	3	-1	32	7,1264	108	24,1
3,5 – 4,5	4	-0,5	29	6,4583	137	30,5
4,5 – 5,5	5	0	49	10,9123	186	41,4
5,5 – 6,5	6	0,5	32	7,1264	218	48,5
6,5 – 7,5	7	1	38	8,4626	256	57,0
7,5 – 8,5	8	1,5	26	5,7902	282	62,8
8,5 – 9,5	9	2	6	1,3362	288	64,1
9,5 – 10,5	10	2,5	19	4,2313	307	68,4
10,5 – 11,5	11	3	13	2,8951	320	71,3
11,5 – 12,5	12	3,5	12	2,6724	332	73,9
12,5 – 13,5	13	4	9	2,0043	341	75,9
13,5 – 14,5	14	4,5	10	2,227	351	78,2
14,5 – 15,5	15	5	15	3,3405	366	81,5
15,5 – 16,5	16	5,5	9	2,0043	375	83,5
16,5 – 17,5	17	6	9	2,0043	384	85,5
17,5 – 18,5	18	6,5	6	1,3362	390	86,9
18,5 – 19,5	19	7	7	1,5589	397	88,4
19,5 – 20,5	20	7,5	4	0,8908	401	89,3
20,5 – 21,5	21	8	6	1,3362	407	90,6
21,5 – 22,5	22	8,5	3	0,6681	410	91,3
22,5 – 23,5	23	9	5	1,1135	415	92,4
23,5 – 24,5	24	9,5	5	1,1135	420	93,5
24,5 – 25,5	25	10	4	0,8908	424	94,4
25,5 – 26,5	26	10,5	4	0,8908	428	95,3
26,5 – 27,5	27	11	4	0,8908	432	96,2
27,5 – 28,5	28	11,5	1	0,2227	433	96,4
28,5 – 29,5	29	12	5	1,1135	438	97,5
29,5 – 30,5	30	12,5	5	1,1135	443	98,7
30,5 – 31,5	31	13	1	0,2227	444	98,9
31,5 – 32,5	32	13,5	1	0,2227	445	99,1
32,5 – 33,5	33	14	2	0,4454	447	99,5
33,5 – 34,5	34	14,5	0	0	447	99,5
34,5 – 35,5	35	15	2	0,4454	449	100,0

Число  $r$  в Таблице 2.9 указывает на частоту попадания случайной величины  $\Pi$  в данный интервал. Допустив выравнивание значений случайной величины, заменив интервалы значением  $\Pi_{cp}$  в диапазоне, произведена группировка фактических значений. При достаточно большем числе статистических данных

неточность слишком мала, в связи с чем ею можно пренебречь. В полученном сгруппированном вариационном ряде за середину классов, а следовательно, и за нулевой уровень, принято значение  $\Pi_{cp} = 5$ . Выше этого уровня располагаются отрицательные классы, ниже – положительные [100, 113]. Номер класса определяется по формуле:

$$x = \frac{\Pi_{cp} - 5}{2}, \quad (2.3)$$

Графическая интерпретация сгруппированного распределения частот показателей отклонений представлена гистограммой на Рисунке 2.14. На рисунке ординатой является количество повторений отклонений (частота), абсциссой является величина значений отклонений.

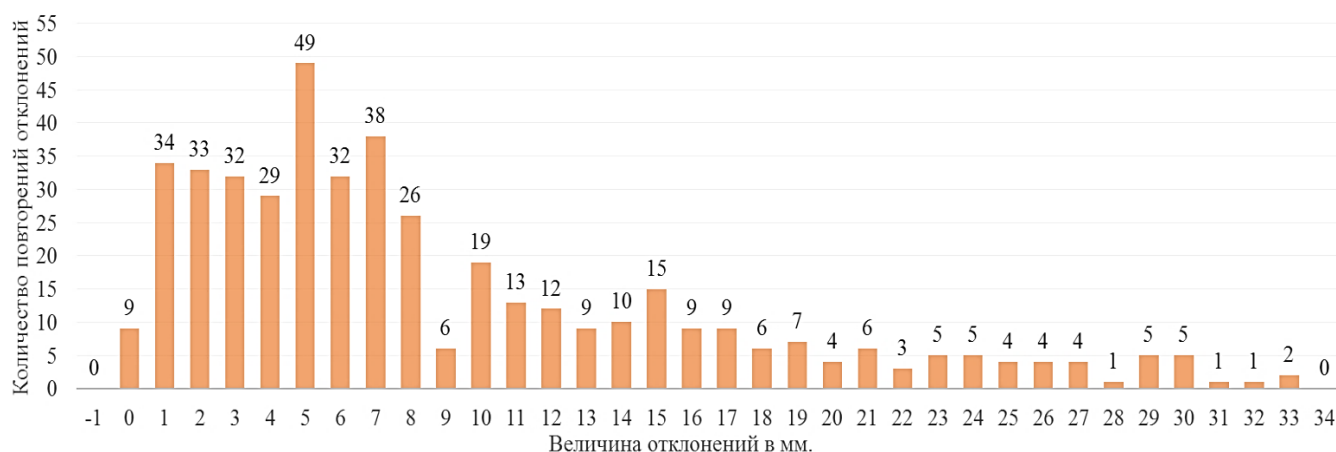


Рисунок 2.14 – Гистограмма эмпирического распределения частот отклонений по оси

При построении полигона накопления частот границы интервалов группировки являются абсциссами, а соответствующие накопленные частоты – ординатами. Полученные точки соединяются отрезками прямых [113]. Построена таким образом ступенчатая кривая возрастает от 0 до  $n = 449$  и имеет скачки величиной  $1/r$ .

Для определения по статистическим данным закона распределения отклонений колонн по оси от проектных значений и расчета его числовых характеристик необходимо предварительно найти вспомогательные величины, для расчета которых используются только частоты и номера классов группировок (Таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Вспомогательные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений

Центр интервала $\Pi_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$	$x \cdot r$	$x^2$	$x^2 r$
0	-2,5	9	-22,500	6,250	56,250
1	-2	34	-68,000	4,000	136,000
2	-1,5	33	-49,500	2,250	74,250
3	-1	32	-32,000	1,000	32,000
4	-0,5	29	-14,500	0,250	7,250
5	0	49	0,000	0,000	0,000
6	0,5	32	16,000	0,250	8,000
7	1	38	38,000	1,000	38,000
8	1,5	26	39,000	2,250	58,500
9	2	6	12,000	4,000	24,000
10	2,5	19	47,500	6,250	118,750
11	3	13	39,000	9,000	117,000
12	3,5	12	42,000	12,250	147,000
13	4	9	36,000	16,000	144,000
14	4,5	10	45,000	20,250	202,500
15	5	15	75,000	25,000	375,000
16	5,5	9	49,500	30,250	272,250
17	6	9	54,000	36,000	324,000
18	6,5	6	39,000	42,250	253,500
19	7	7	49,000	49,000	343,000
20	7,5	4	30,000	56,250	225,000
21	8	6	48,000	64,000	384,000
22	8,5	3	25,500	72,250	216,750
23	9	5	45,000	81,000	405,000
24	9,5	5	47,500	90,250	451,250
25	10	4	40,000	100,000	400,000
26	10,5	4	42,000	110,250	441,000
27	11	4	44,000	121,000	484,000
28	11,5	1	11,500	132,250	132,250
29	12	5	60,000	144,000	720,000
30	12,5	5	62,500	156,250	781,250
31	13	1	13,000	169,000	169,000
32	13,5	1	13,500	182,250	182,250
33	14	2	28,000	196,000	392,000
34	14,5	0	0,000	210,250	0,000
35	15	2	30,000	225,000	450,000
		$\Sigma = 449$	$\Sigma = 935,00$		$\Sigma = 8565,00$

Эмпирическое распределение отклонений характеризуется средним арифметическим значением  $\Pi_{cp,o}$ , которое стремится по вероятности к математическому ожиданию [113]. Среднее арифметическое значение можно представить как центр группирования случайной величины:

$$P_{cp.o} = \frac{\sum x r}{n} d + 5 = \frac{935}{449} 2 + 5 = 9,165, \quad (2.4)$$

Отклонения от среднего значения ( $P_{cp} - P_{cp.o}$ ) описывают разброс исходных данных около этого значения. Дисперсия вычисляется как:

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n} + \left( \sum x^2 r - \frac{(\sum x r)^2}{5} \right) = \frac{2^2}{449} + \left( 8565 - \frac{935^2}{449} \right) = 58,96, \quad (2.5)$$

При этом положительное значение квадратного корня из дисперсии характеризует среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{58,96} = 7,678, \quad (2.6)$$

Количественной характеристикой асимметричности (скошенности) распределения отклонений является коэффициент асимметрии:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum r (P_{cp} - P_{cp.o})^3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{449} 252357,48}{7,678^3} = 1, \quad (2.7)$$

Значение  $A < 0$  указывает на то, что слева от максимума функции наклон кривой более пологий. Если  $A > 0$ , то слева от максимума функции наклон кривой будет более крутой [113]. Степень кривизны может быть охарактеризована моментом четвертого порядка, т. е.  $\frac{1}{449} \sum r (P_{cp} - P_{cp.o})^4$ .

Поскольку момент имеет размерность случайной величины четвертой степени, введем безразмерный параметр или коэффициент эксцесса:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum r (P_{cp} - P_{cp.o})^4}{\sigma^4} - 3 = \frac{\frac{1}{449} 6103592,57}{7,678^4} - 3 = 1, \quad (2.8)$$

Так как  $E > 0$ , то имеет место островершинное распределение. По данным Таблицы 2.10 и полигона накопления частот (Рисунок 2.15) определим моду и медиану эмпирического распределения количества отклонений от оси. Значение отклонений, которые чаще всего встречаются в совокупности или мода, определяется по следующей формуле:

$$M_o = P_{mo} + d \frac{r_{mo} - r_{mo-1}}{(r_{mo} - r_{mo-1}) + (r_{mo} - r_{mo+1})} = 5 + 2 \frac{49-29}{(49-29) + (49-32)} = 5,12, \quad (2.9)$$

где  $P_{mo}$  – нижняя граница модального интервала;  $r_{mo-1}$ ,  $r_{mo}$ ,  $r_{mo+1}$  – частоты предмодального, модального и послемодального интервалов.

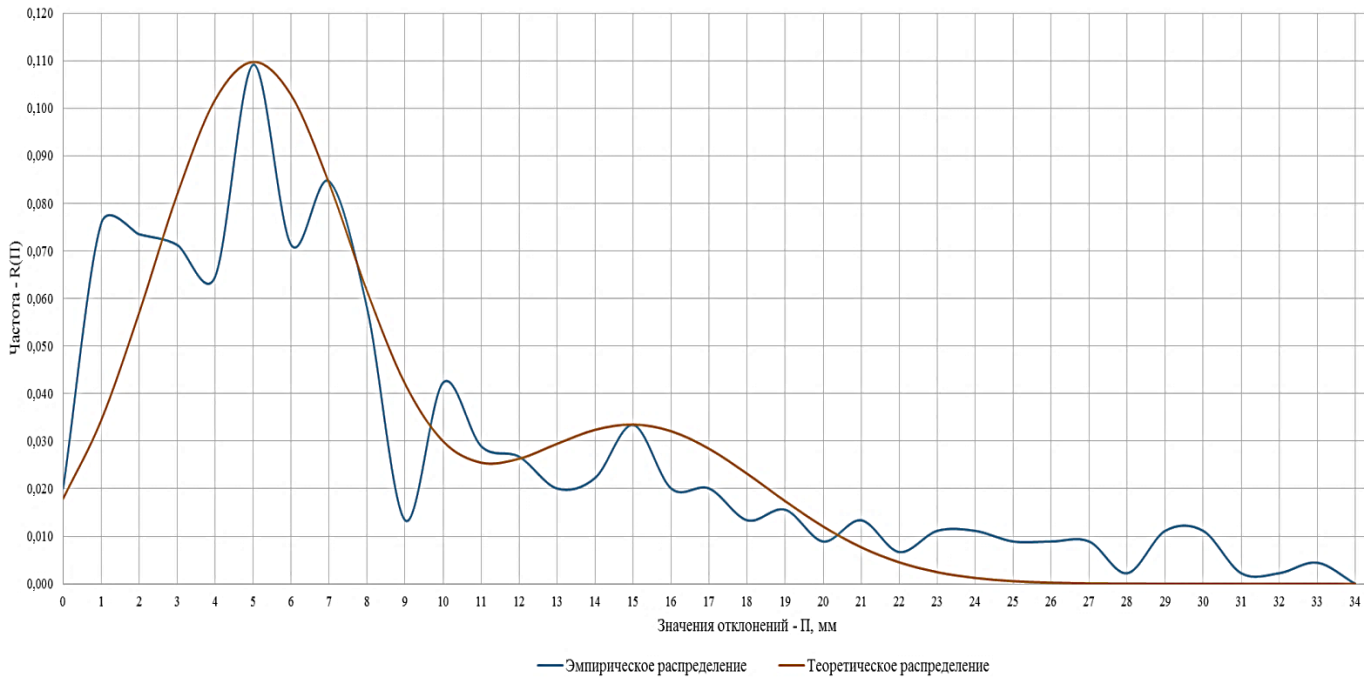


Рисунок 2.15 – Полигон частот и кривая неоднородного распределения

Медиана, или значение случайной величины, обладает следующим свойством: вероятность того, что  $P_{cp}$  окажется меньше  $M_e$ , равна вероятности того, что  $P$  окажется больше  $M_e$ :

$$M_e = P_{cp.me} + d \frac{\frac{449}{2} - \sum r_{me-1}}{r_{me}} = 4,5 + 2 \frac{449 - 137}{49} = 17,23, \quad (2.10)$$

где  $P_{cp.me}$  – нижняя граница медианного интервала;  $\sum r_{me-1}$  – сумма частот в интервалах, предшествующих медианному;  $r_{me}$  – частота медианного интервала.

Выявленные числовые характеристики эмпирического распределения отклонений позволяют сделать вывод о неоднородности распределения [113]. Уравнение неоднородного распределения выявляют путем подбора различных кривых нормального распределения:

$$R_o(P) = A_1 e^{-B_1(P-\mu_1)^2} + A_2 e^{-B_2(P-\mu_2)^2} = 49e^{-0,072(P-5)^2} + 15e^{-0,041(P-15)^2}, \quad (2.11)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – коэффициенты, которые являются точками экстремумов функции кривых;  $B_1$  и  $B_2$  – коэффициенты, вычисляемые согласно формуле  $B = 1/2\sigma^2$ ;  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – значения отклонений, соответствующие экстремумам функций.



Как показывают расчеты, совокупность исходных данных составляется из двух нормальных совокупностей с параметрами  $\sigma_1 = 2,63$  и  $\sigma_2 = 3,5$  (Таблица 2.11).

Таблица 2.11 – Параметры теоретического распределения по эмпирическим частотам

<i>П<sub>ср</sub></i>	Частота, <i>r</i>	<i>r<sup>т</sup></i>	<i>П<sub>ср</sub></i>	Частота, <i>r</i>	<i>r<sup>т</sup></i>
0,00	9,00	8,04	18,00	6,00	10,39
1,00	34,00	15,42	19,00	7,00	7,81
2,00	33,00	25,58	20,00	4,00	5,41
3,00	32,00	36,74	21,00	6,00	3,45
4,00	29,00	45,69	22,00	3,00	2,03
5,00	49,00	49,25	23,00	5,00	1,10
6,00	32,00	46,13	24,00	5,00	0,55
7,00	38,00	37,80	25,00	4,00	0,25
8,00	26,00	27,60	26,00	4,00	0,11
9,00	6,00	18,86	27,00	4,00	0,04
10,00	19,00	13,45	28,00	1,00	0,02
11,00	13,00	11,44	29,00	5,00	0,01
12,00	12,00	11,81	30,00	5,00	0,00
13,00	9,00	13,22	31,00	1,00	0,00
14,00	10,00	14,54	32,00	1,00	0,00
15,00	15,00	15,04	33,00	2,00	0,00
16,00	9,00	14,41	34,00	0,00	0,00
17,00	9,00	12,74	35,00	2,00	0,00

Определение близости эмпирического распределения к теоретическому может быть недостаточно точным, что обуславливает необходимость применения критерия согласия Пирсона, который основан на определении  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \sum \frac{(r-r^t)^2}{r^t}, \quad (2.12)$$

Порядок расчета критерия согласия приведен в Таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Расчет критерия согласия

<i>П<sub>ср</sub></i>	Абсолютная частота, <i>r</i>	<i>r<sup>т</sup></i>	<i>r-r<sup>т</sup></i>	<i>(r-r<sup>т</sup>)<sup>2</sup></i>	<i>(r-r<sup>т</sup>)<sup>2</sup> / r<sup>т</sup></i>
0	9	8,04	0,96	0,92	0,11
1	34	15,42	18,58	345,28	22,39
2	33	25,58	7,42	55,05	2,15
3	32	36,74	-4,74	22,45	0,61

<i>Пер</i>	Абсолютная частота, <i>r</i>	$r^2$	$r-r^2$	$(r-r^2)^2$	$(r-r^2)^2 / r^2$
4	29	45,69	-16,69	278,57	6,10
5	49	49,25	-0,25	0,06	0,00
6	32	46,13	-14,13	199,74	4,33
7	38	37,80	0,20	0,04	0,00
8	26	27,60	-1,60	2,55	0,09
9	6	18,86	-12,86	165,49	8,77
10	19	13,45	5,55	30,82	2,29
11	13	11,44	1,56	2,44	0,21
12	12	11,81	0,19	0,04	0,00
13	9	13,22	-4,22	17,81	1,35
14	10	14,54	-4,54	20,62	1,42
15	15	15,04	-0,04	0,00	0,00
16	9	14,41	-5,41	29,25	2,03
17	9	12,74	-3,74	14,00	1,10
18	6	10,39	-4,39	19,26	1,85
19	7	7,81	-0,81	0,65	0,08
20	4	5,41	-1,41	1,98	0,37
21	6	3,45	2,55	6,50	1,88
22	3	2,03	0,97	0,94	0,46
23	5	1,10	3,90	15,21	13,82
24	5	0,55	4,45	19,80	36,02
25	4	0,25	3,75	14,04	55,44
26	4	0,11	3,89	15,15	141,01
27	4	0,04	3,96	15,67	0,00
28	1	0,02	0,98	0,97	0,00
29	5	0,01	4,99	24,90	0,00
30	5	0,00	5,00	25,00	0,00
31	1	0,00	1,00	1,00	0,00
32	1	0,00	1,00	1,00	0,00
33	2	0,00	2,00	4,00	0,00
34	0	0,00	0,00	0,00	0,00
35	2	0,00	2,00	4,00	0,00
	$\Sigma = 449$	$\Sigma = 448,91$			$\Sigma = 303,91$

Число степеней свободы  $f = 36 - 2 - 1 = 33$  (36 – число групп в распределении, 2 – число параметров для нормального закона). Пользуясь таблицами  $\chi^2$ -распределения по  $\chi^2$  и  $f$ , находим вероятность  $P(\chi^2)$ . Так как  $P(\chi^2) = 0,999$ , то расхождение между эмпирической и теоретической кривой распределения значений отклонений можно признать случайным.

Для того чтобы определить закон кривой плотности неоднородного распределения, необходимо найденную функцию  $R_o(II)$  разделить на площадь, заключенную между  $R_o(II)$  и осью абсцисс. Согласно гистограмме,  $d\Sigma r = 449$ . В

связи с этим уравнение кривой плотности неоднородного распределения отклонений будет иметь следующий вид:

$$R(\Pi) = 0,11e^{-0,072(\Pi-5)^2} + 0,033e^{-0,041(\Pi-15)^2}, \quad (2.13)$$

Эта кривая вместе с осью  $\Pi$  ограничивает область с площадью, равной единице. Ординаты сами по себе не дают вероятности, но площадь между ординатами  $\Pi_{cp} = \Pi_1$  и  $\Pi_{cp} = \Pi_2$  равна вероятности  $P(\Pi_1 < \Pi_{cp} < \Pi_2)$  того, что величина  $\Pi$  лежит между  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Интегральную функцию распределения отклонений колонн и пилонов по оси от проектных значений можно определить как:

$$B(\Pi) = 0,11 \int_0^{\Pi} e^{-0,072(\Pi-5)^2} d\Pi + 0,033 \int_0^{\Pi} e^{-0,041(\Pi-15)^2} d\Pi. \quad (2.14)$$

Согласно построенным графикам визуально можно определить, что распределение значений отклонений двухвершинное, абсциссы наибольших значений равны 5 мм. и 15 мм. (Рисунок 2.16). Таким образом, мы имеем две параболы, соответствующие компонентам неоднородного распределения [113].

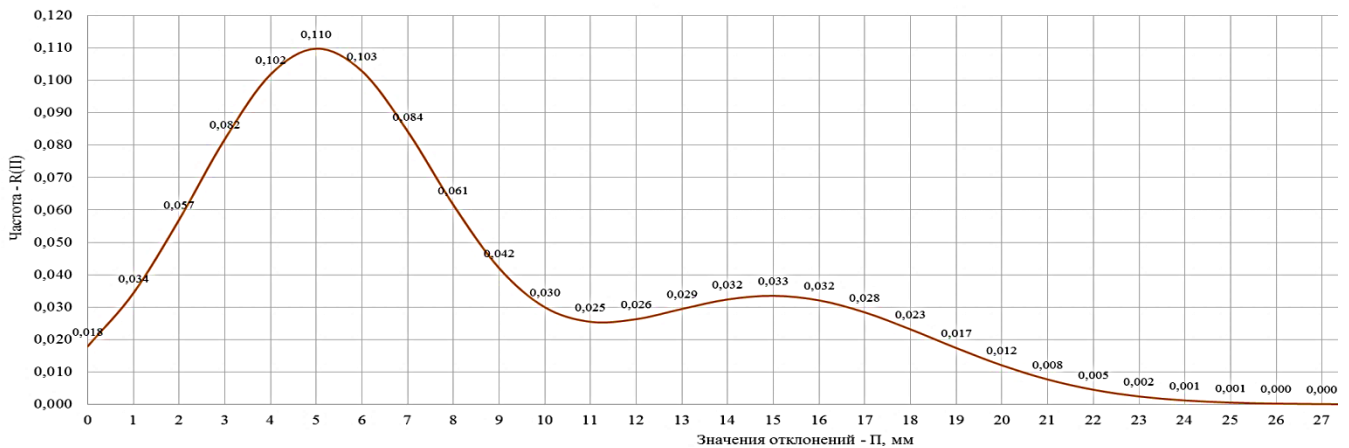


Рисунок 2.16 – Разбиение неоднородного распределения

Согласно Рисунку 2.16, вторая вершина – точка экстремума, соответствует значению отклонения в 15 мм. Данное значение является границей предельно допустимого значения отклонений, согласно нормативной документации. Следует обратить внимание на то, что достаточно большая доля значений отклонений выходит за пределы допусков. В результате можно сказать о том, что при разработке исполнительных геодезических схем стараются делать акцент на том,

чтобы значения отклонений не выходили за границу предельных допусков. В связи с этим необходимо уделять большое внимание анализу и контролю возникновения отклонений, кроме того, выявлять факторы, имеющие наибольшее влияние на данные ненормативные отклонения.

## 2.9. Определение закономерности распределения значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов от проектных значений

Приведенный алгоритм в разделе 2.8 можно применить при определении закона распределения значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов от проектных значений, т. к. графическая интерпретация статистических данных имеет не менее 2 явно выраженных точек экстремума – при отклонениях в 2 мм и 13 мм, что является за границей предельных нормативных допусков в 5 мм, согласно п. 5.12 [143]. Рассмотрим статистические данные об изменении показателей отклонений сечения монолитных железобетонных колонн и, преобразовав полученный простой вариационный ряд в сгруппированный, образуем ряд классов  $x$  с равномерным интервалом. В каждый класс входят данные, для которых  $\Pi$  удовлетворяет ранее определенному неравенству (2.2). Исходные данные для расчета эмпирических характеристик представлены в Таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Исходные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений толщины сечения стен

Интервал $\Pi$			Центр интервала $\Pi_{ср}$	$x$	Абсолютная частота, $r$		$\Sigma r$	
					$r$	$r, \%$	$r$	$r, \%$
-1,5	-	-0,5	-1	-1,5	0	0,0000	0,000	0,000
-0,5	-	0,5	0	-1	31	8,6351	31,000	8,635
0,5	-	1,5	1	-0,5	44	12,2562	75,000	20,891
1,5	-	2,5	2	0	53	14,7632	128,000	35,654
2,5	-	3,5	3	0,5	43	11,9777	171,000	47,632
3,5	-	4,5	4	1	30	8,3565	201,000	55,989
4,5	-	5,5	5	1,5	26	7,2423	227,000	63,231
5,5	-	6,5	6	2	18	5,0139	245,000	68,245
6,5	-	7,5	7	2,5	15	4,1783	260,000	72,423
7,5	-	8,5	8	3	7	1,9499	267,000	74,373
8,5	-	9,5	9	3,5	6	1,6713	273,000	76,044

Интервал $II$			Центр интервала $Пср$	$x$	Абсолютная частота, $r$		$\Sigma r$	
					$r$	$r, \%$	$r$	$r, \%$
9,5	–	10,5	10	4	6	1,6713	279,000	77,715
10,5	–	11,5	11	4,5	5	1,3928	284,000	79,108
11,5	–	12,5	12	5	8	2,2284	292,000	81,337
12,5	–	13,5	13	5,5	8	2,2284	300,000	83,565
13,5	–	14,5	14	6	5	1,3928	305,000	84,958
14,5	–	15,5	15	6,5	6	1,6713	311,000	86,629
15,5	–	16,5	16	7	6	1,6713	317,000	88,300
16,5	–	17,5	17	7,5	5	1,3928	322,000	89,693
17,5	–	18,5	18	8	3	0,8357	325,000	90,529
18,5	–	19,5	19	8,5	6	1,6713	331,000	92,200
19,5	–	20,5	20	9	5	1,3928	336,000	93,593
20,5	–	21,5	21	9,5	3	0,8357	339,000	94,428
21,5	–	22,5	22	10	3	0,8357	342,000	95,264
22,5	–	23,5	23	10,5	4	1,1142	346,000	96,378
23,5	–	24,5	24	11	1	0,2786	347,000	96,657
24,5	–	25,5	25	11,5	4	1,1142	351,000	97,771
25,5	–	26,5	26	12	2	0,5571	353,000	98,328
26,5	–	27,5	27	12,5	2	0,5571	355,000	98,885
27,5	–	28,5	28	13	0	0,0000	355,000	98,885
28,5	–	29,5	29	13,5	2	0,5571	357,000	99,442
29,5	–	30,5	30	14	2	0,5571	359,000	99,999

При данном расчете за середину классов принято  $II = 2$  мм, а следовательно, этому классу присвоен нулевой уровень. Номер класса для данного рассматриваемого случая определяется по формуле:

$$x = \frac{Пср - 2}{2}, \quad (2.15)$$

На Рисунке 2.17 приведена гистограмма сгруппированного распределения частот показателей отклонений.

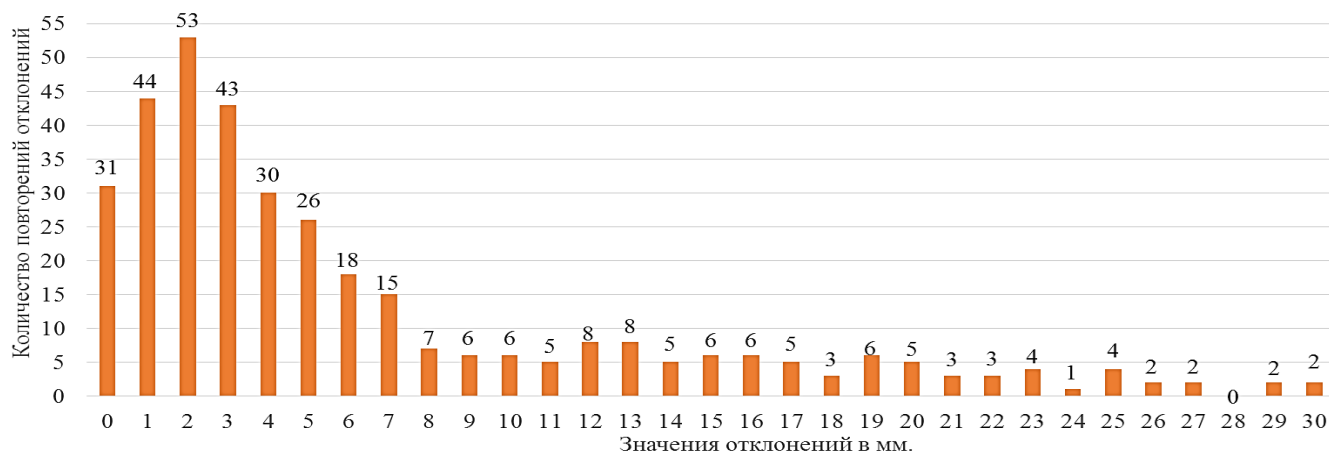


Рисунок 2.17 – Гистограмма эмпирического распределения частот отклонений толщины сечения при нормативном предельном допуске – 5 мм

При построении полигона накопления частот выявленная ступенчатая кривая возрастает от 0 до  $n = 359$ , согласно Таблице 2.13 и Рисунку 2.24. Для расчета эмпирических характеристик определены вспомогательные данные, которые приведены в таблице **П. 1. Приложения Б**. Согласно расчету основных показателей, по формулам **П.Б.1–Б.6 Приложения Б** сформирована Таблица 2.14.

Таблица 2.14 – Основные показатели основных эмпирических характеристик распределения значений отклонений толщины сечения стен, пилонов

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение показателя
1	Среднее арифметическое значение	$\bar{P}_{cp.0}$	6,532
2	Дисперсия	$\sigma^2$	47,88
3	Среднеквадратическое (стандартное) отклонение	$\sigma$	6,92
4	Коэффициент асимметрии	$A$	1
5	Коэффициент эксцесса	$E$	1
6	Значение мода	$M_o$	2,2

В результате выполненного математического исследования можно построить кривую неоднородного распределения, которая приведена на Рисунке 2.18.

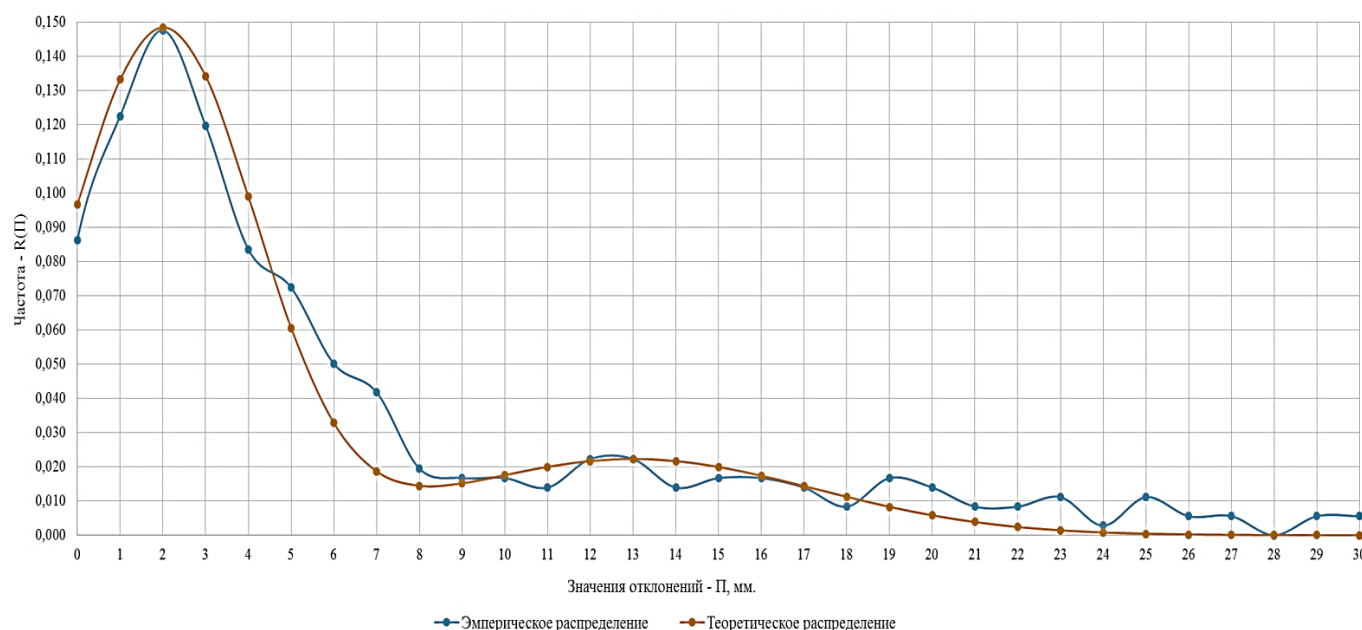


Рисунок 2.18 – Полигон распределения частот и отклонений в виде кривой неоднородного распределения

Медиана, или значение случайной величины, определяется:

$$Me = \text{Пср.ме} + d \frac{\frac{449}{2} - \sum r_{me-1}}{r_{me}} = 4,5 + 2 \frac{449-137}{49} = 17,23, \quad (2.16)$$

Выявленные числовые значения эмпирического распределения позволяют сделать вывод о неоднородности распределения. Уравнение определено путем подбора различных кривых нормального распределения:

$$R_o(\Pi) = A_1 e^{-B_1 (\Pi-\mu_1)^2} + A_2 e^{-B_2 (\Pi-\mu_2)^2} = 53e^{-0,106 (\Pi-2)^2} + 8e^{-0,027 (\Pi-13)^2}, \quad (2.17)$$

Как показывают расчеты, совокупность исходных данных составляется из двух нормальных совокупностей с параметрами  $\sigma_1 = 2,17$  и  $\sigma_2 = 4,57$ . В Таблице 2.15 приведены параметры эмпирического и теоретического распределения.

Таблица 2.15 – Параметры теоретического распределения по эмпирическим частотам

$\Pi_{ср}$	Абсолютная частота, $r$	$r^t$	$\Pi_{ср}$	Абсолютная частота, $r$	$r^t$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
-1	0	20,42	15	6	7,17
0	31	34,74	16	6	6,25
1	44	47,82	17	5	5,16
2	53	53,29	18	3	4,03
3	43	48,18	19	6	2,98
4	30	35,53	20	5	2,09
5	26	21,77	21	3	1,38
6	18	11,78	22	3	0,87
7	15	6,71	23	4	0,52
8	7	5,19	24	1	0,29
9	6	5,45	25	4	0,15
10	6	6,31	26	2	0,08
11	5	7,18	27	2	0,04
12	8	7,78	28	0	0,02
13	8	8,00	29	2	0,01
14	5	7,78	30	2	0,00

Для определения степени близости эмпирического распределения к теоретическому применяется метод критерия согласия Пирсона, который основан на определении  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \sum \frac{(r-rt)^2}{rt}, \quad (2.18)$$

Порядок расчета критерия согласия приведен в таблице **П. 2 Приложения Б**, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия. Число степеней свободы  $f = 36 - 2 - 1 = 33$  (36 – число групп в распределении, 2 – число параметров для нормального закона). Пользуясь таблицами  $\chi^2$ -распределения, определяем, что расхождение между эмпирической и теоретической кривой распределения значений отклонений можно признать случайным. Метод определения кривой плотности неоднородного распределения описан ранее, в связи с этим, учитывая, что площадь  $d\sum r = 359$ , уравнение кривой неоднородного распределения отклонений будет иметь следующий вид:

$$R(\Pi) = 0,149e^{-0,106(\Pi-2)^2} + 0,022e^{-0,027(\Pi-13)^2}, \quad (2.19)$$

Интегральная функция распределения значений отклонений толщины сечения колонн и пилонов имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,149 \int_0^{\Pi} e^{-0,106(\Pi-2)^2} d\Pi + 0,022 \int_0^{\Pi} e^{-0,027(\Pi-13)^2} d\Pi. \quad (2.20)$$

Согласно Рисунку 2.19, распределение отклонений также двухвершинное, и абсциссы наибольших значений равны 2 и 13 мм. Таким образом, мы имеем две параболы, соответствующие компонентам неоднородного распределения.

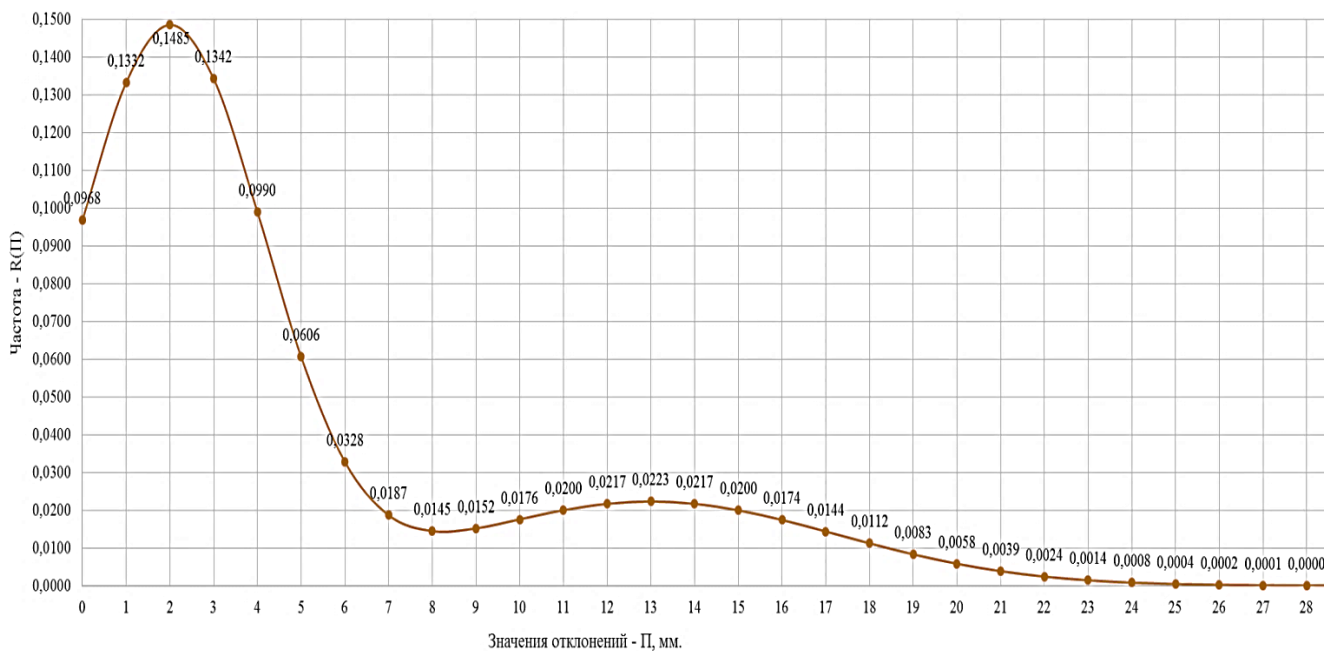


Рисунок 2.19 – Разбиение неоднородного распределения



Согласно графику, можно наблюдать, что значение отклонений в 13мм. является второй точкой экстремума. Стоит обратить внимание, что данное значение находится за границей предельного допустимого нормативного отклонения в 5 мм. Это говорит о том, что при производстве строительно-монтажных работ может быть нарушена технология установки опалубки, технология бетонирования, а также технология ухода за бетоном [46, 47, 62, 113]. За счет увеличения сечения может увеличиться вес конструкции, что повлечет за собой увеличение нагрузки на нижележащие конструкции. За счет уменьшения размеров сечения конструкций от проектных значений вследствие различных факторов, влекущих возникновение дефектных конструкций, не обеспечивается необходимое значение защитного слоя бетона [1, 8, 31, 72]. Это негативно влияет на заключенную в теле бетона арматуру и может привести к оголению арматурных стержней. На этапе устройства монолитных конструкций необходимо осуществлять дополнительный контроль качества складирования элементов опалубки, установки опалубочных элементов и контроля качества производства бетонных работ [32, 75].

## **2.10. Определение закономерности распределения значений отклонений стен по оси от проектных значений**

Согласно построенным по статистическим данным гистограммам (Рисунки 2.3 и 2.4), наблюдаются не менее 2 явно выраженных точек экстремума, следовательно, алгоритм определения закономерности распределения отклонений стен по оси такой же, как в разделе 2.8. Преобразовав вариационный ряд в сгруппированный, образуется ряд классов с равномерным интервалом. Исходные данные для расчета эмпирических характеристик распределения значений отклонений стен по оси от проектных значений представлены в Таблице 2.16. Согласно алгоритму расчета, за середину классов принято  $П = 5$ . Гистограмма распределения частот и значений отклонений представлена на Рисунке 2.20. Номер класса определяется по формуле:

$$x = \frac{P_{cp}-5}{2}, \quad (2.21)$$

Таблица 2.16 – Исходные данные для расчета эмпирических характеристик распределения значений отклонений стен по оси

Интервал $\Pi$			Центр интервала $P_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$		$\Sigma r$	
					$r$	$r, \%$	$r$	$r, \%$
-1,5	-	-0,5	-1	-3	0	0,0000	0	0,000
-0,5	-	0,5	0	-2,5	7	1,9663	7	1,966
0,5	-	1,5	1	-2	15	4,2135	22	6,180
1,5	-	2,5	2	-1,5	25	7,0225	47	13,202
2,5	-	3,5	3	-1	20	5,6180	67	18,820
3,5	-	4,5	4	-0,5	18	5,0562	85	23,877
4,5	-	5,5	5	0	22	6,1798	107	30,056
5,5	-	6,5	6	0,5	19	5,3371	126	35,393
6,5	-	7,5	7	1	20	5,6180	146	41,011
7,5	-	8,5	8	1,5	21	5,8989	167	46,910
8,5	-	9,5	9	2	19	5,3371	186	52,247
9,5	-	10,5	10	2,5	19	5,3371	205	57,585
10,5	-	11,5	11	3	14	3,9326	219	61,517
11,5	-	12,5	12	3,5	11	3,0899	230	64,607
12,5	-	13,5	13	4	9	2,5281	239	67,135
13,5	-	14,5	14	4,5	11	3,0899	250	70,225
14,5	-	15,5	15	5	16	4,4944	266	74,719
15,5	-	16,5	16	5,5	9	2,5281	275	77,248
16,5	-	17,5	17	6	8	2,2472	283	79,495
17,5	-	18,5	18	6,5	7	1,9663	290	81,461
18,5	-	19,5	19	7	6	1,6854	296	83,146
19,5	-	20,5	20	7,5	7	1,9663	303	85,113
20,5	-	21,5	21	8	3	0,8427	306	85,955
21,5	-	22,5	22	8,5	6	1,6854	312	87,641
22,5	-	23,5	23	9	1	0,2809	313	87,922
23,5	-	24,5	24	9,5	4	1,1236	317	89,045
24,5	-	25,5	25	10	5	1,4045	322	90,450
25,5	-	26,5	26	10,5	6	1,6854	328	92,135
26,5	-	27,5	27	11	2	0,5618	330	92,697
27,5	-	28,5	28	11,5	4	1,1236	334	93,821
28,5	-	29,5	29	12	4	1,1236	338	94,944
29,5	-	30,5	30	12,5	5	1,4045	343	96,349
30,5	-	31,5	31	13	4	1,1236	347	97,472
31,5	-	32,5	32	13,5	2	0,5618	349	98,034
32,5	-	33,5	33	14	1	0,2809	350	98,315
33,5	-	34,5	34	14,5	2	0,5618	352	98,877
34,5	-	35,5	35	15	3	0,8427	355	99,720
35,5	-	36,5	36	15,5	1	0,2809	356	100,000
36,5	-	37,5	37	16	0	0,0000	356	100,000

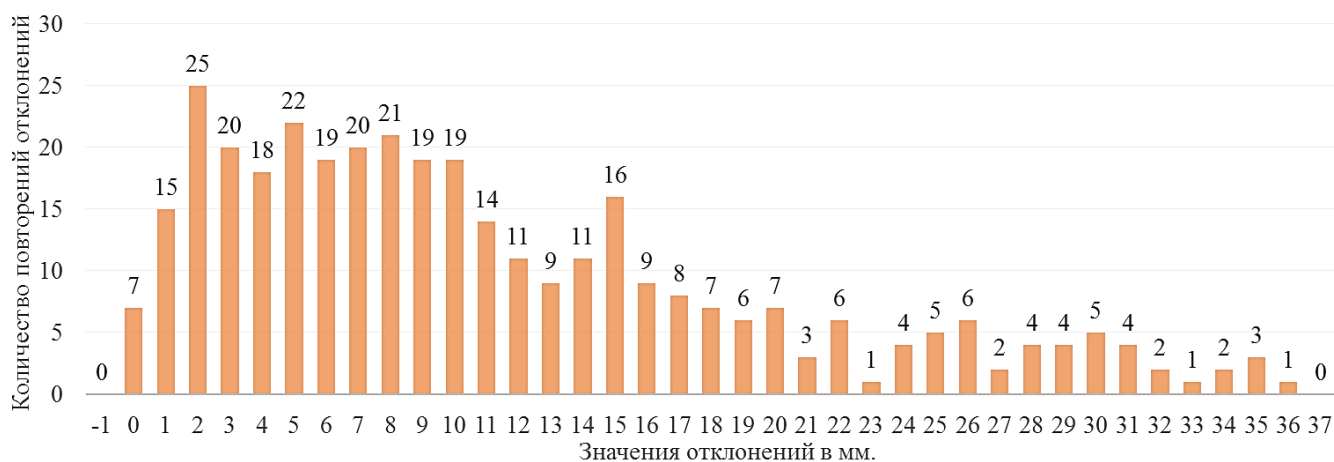


Рисунок 2.20 – Гистограмма эмпирического распределения частот и значений отклонений. Граница интервалов группировки – абсцисса, накопительные частоты – ордината

Полученная ступенчатая кривая возрастает от 0 до  $n = 356$  и имеет скачки величиной  $1/r$ . Для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений определены вспомогательные данные, приведенные в таблице **П.3 Приложения Б**. По результатам расчета основных показателей, согласно формулам **П.7 – П.12 Приложения Б**, сформирована Таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Основные показатели основных эмпирических характеристик распределения значений отклонений по оси стен

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение показателя
1	Среднее арифметическое значение	$\bar{P}_{cp.0}$	11,247
2	Дисперсия	$\sigma^2$	72,79
3	Среднеквадратическое (стандартное) отклонение	$\sigma$	8,532
4	Коэффициент асимметрии	$A$	1
5	Коэффициент эксцесса	$E$	0
6	Значение мода	$M_o$	5,67

В результате выполненного математического исследования можно построить кривую неоднородного распределения, которая приведена на Рисунке 2.21.

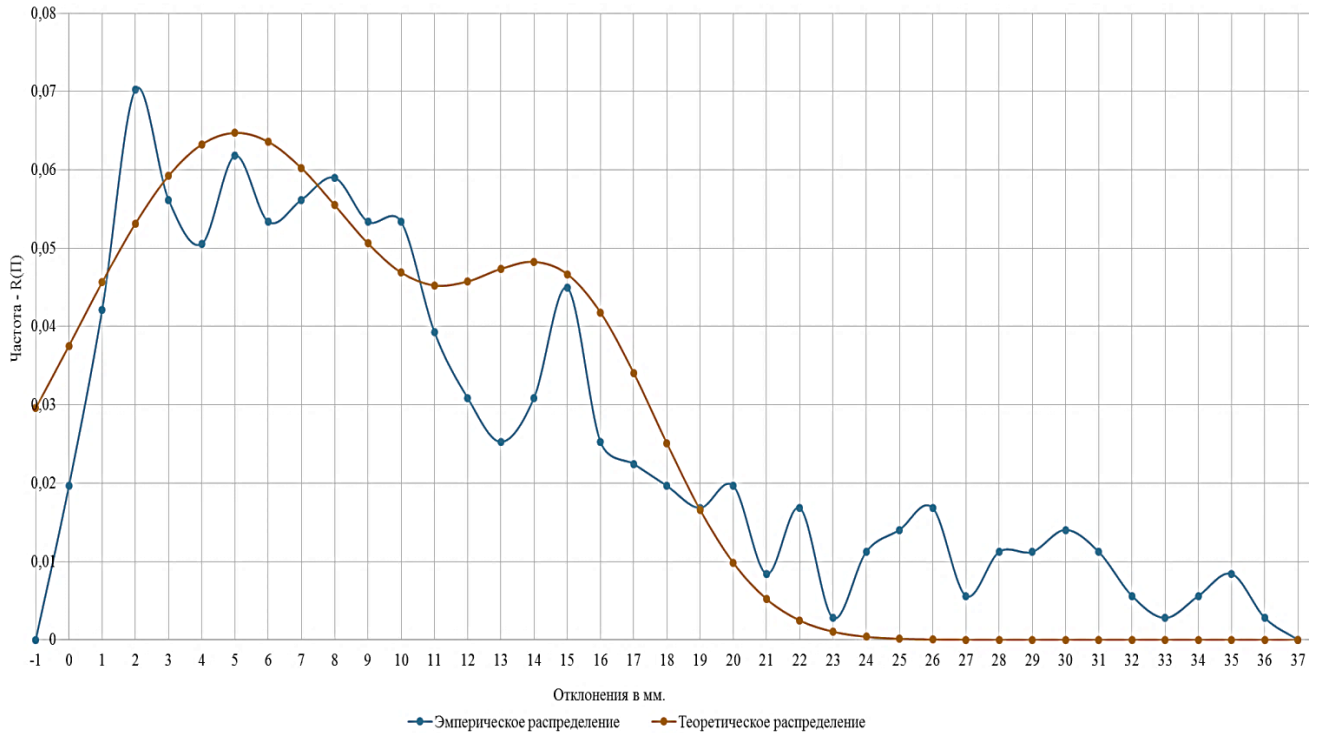


Рисунок 2.21 – Полигон частот и кривая неоднородного распределения

Медиана, или значение случайной величины, обладает следующим свойством: вероятность того, что  $\Pi_{cp}$  окажется меньше  $M_e$ , равна вероятности того, что  $\Pi$  окажется больше  $M_e$ :

$$M_e = \Pi_{cp} + d \frac{\frac{449}{2} - \sum_{r=1}^{M_e} r m_e - 1}{r m_e} = 4,5 + 2 \frac{449 - 137}{49} = 17,23, \quad (2.22)$$

Числовые характеристики, которые определены для оценки эмпирического распределения значений отклонений, указывают на то, что распределение является неоднородным, вследствие чего управление кривой нормального распределения определяем путем подбора различных кривых:

$$R_0(\Pi) = A_1 e^{-B_1 (\Pi - \mu_1)^2} + A_2 e^{-B_2 (\Pi - \mu_2)^2} = 23 e^{-0,022 (\Pi - 5)^2} + 14 e^{-0,057 (\Pi - 15)^2}, \quad (2.23)$$

Как показывают расчеты, совокупность исходных данных составляется из двух нормальных совокупностей с параметрами  $\sigma_1 = 4,80$  и  $\sigma_2 = 2,95$  (Таблица 2.18). После этого для определения степени расхождения эмпирического и теоретического распределения применен критерий согласия Пирсона по следующей формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(r - r_t)^2}{r_t}, \quad (2.24)$$

Таблица 2.18 – Параметры теоретического распределения по эмпирическим частотам

$\Pi_{cp}$	Абсолютная частота, $r$	$r^t$	$\Pi_{cp}$	Абсолютная частота, $r$	$r^t$
1	2	3	1	2	3
-1	0	10,53	19	6	5,91
0	7	13,37	20	7	3,50
1	15	16,25	21	3	1,86
2	25	18,92	22	6	0,88
3	20	21,09	23	1	0,37
4	18	22,52	24	4	0,14
5	22	23,04	25	5	0,05
6	19	22,64	26	6	0,01
7	20	21,44	27	2	0,00
8	21	19,76	28	4	0,00
9	19	18,02	29	4	0,00
10	19	16,70	30	5	0,00
11	14	16,11	31	4	0,00
12	11	16,29	32	2	0,00
13	9	16,86	33	1	0,00
14	11	17,18	34	2	0,00
15	16	16,63	35	3	0,00
16	9	14,88	36	1	0,00
17	8	12,14	37	0	0,00
18	7	8,93			

Порядок расчета критерия согласия приведен в таблице **П.4 Приложения Б**, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия.

Число степеней свободы  $f = 36 - 2 - 1 = 33$  (36 – число групп в распределении, 2 – число параметров для нормального закона). Пользуясь таблицами  $\chi^2$ -распределения, определяем, что расхождение между эмпирической и теоретической кривой распределения можно признать случайным. Учитывая, что необходимая полученная площадь  $d\sum r = 356$ , уравнение кривой плотности неоднородного распределения отклонений будет иметь следующий вид:

$$R(\Pi) = 0,065e^{-0,022 (\Pi-5)^2} + 0,048e^{-0,057 (\Pi-15)^2}, \quad (2.25)$$

Интегральную функцию распределения отклонений стен по оси от проектных значений можно определить как:

$$B(\Pi) = 0,065 \int_0^{\Pi} e^{-0,022 (\Pi-5)^2} d\Pi + 0,048 \int_0^{\Pi} e^{-0,057 (\Pi-15)^2} d\Pi. \quad (2.26)$$

Согласно построенному графику неоднородного распределения, по Рисунку 2.22 выявлено двухвершинное распределение. Абсциссы наибольших значений равны 5 и 14 мм. Таким образом, мы имеем две параболы, соответствующие компонентам неоднородного распределения.

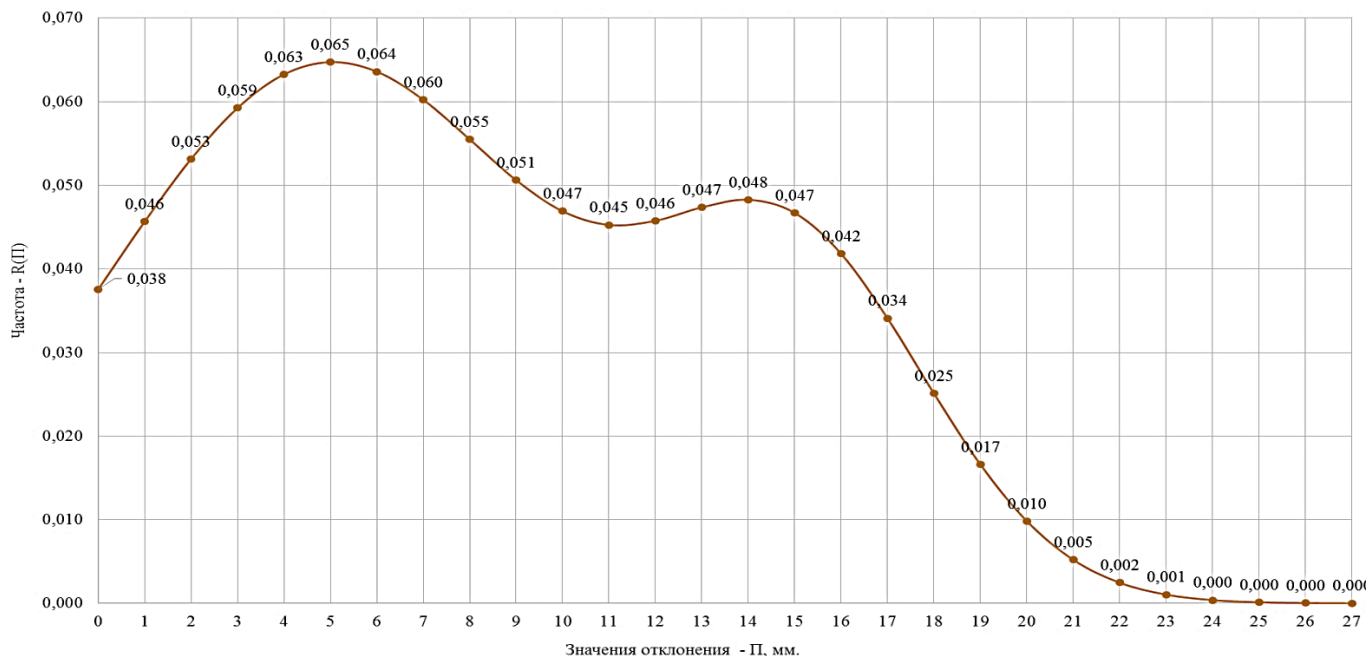


Рисунок 2.22 – Разбиение неоднородного распределения

Согласно Рисунку 2.22, полученная функция неоднородного распределения указывает на наличие двух точек экстремума, которые находятся в пределах значений нормативных допусков, значение которого соответствует 15мм. Но в связи с тем, что также достаточно значимая доля значений отклонений находится за границей предельных нормативных допусков, необходимо уделять большое внимание мероприятиям по предотвращению возникновения ненормативных отклонений.

### 2.11. Определение закономерности распределения значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений

Согласно построенным по статистическим данным гистограммам (Рисунки 2.6 и 2.7), наблюдается не менее 2 явно выраженных точек экстремума – при отклонениях в 3 мм и 14 мм, что является за границей предельных нормативных допусков в 5 мм [113]. Следовательно, алгоритм определения

закономерности распределения значений отклонений толщины сечения стен такой же, как в разделе 2.8. В каждый класс входят данные, для которых  $\Pi$  удовлетворяет неравенству:

$$P_{cp} - \frac{d}{2} < \Pi < P_{cp} + \frac{d}{2}. \quad (2.27)$$

Таблица 2.19 – Исходные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений толщины сечения стен

Интервал $\Pi$			Центр интервала $P_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$		$\Sigma r$	
					$r$	$r, \%$	$r$	$r, \%$
-1,5	-	-0,5	-1	-2	0	0,0000	0	0,000
-0,5	-	0,5	0	-1,5	27	7,7143	27	7,714
0,5	-	1,5	1	-1	23	6,5714	50	14,286
1,5	-	2,5	2	-0,5	40	11,4286	90	25,714
2,5	-	3,5	3	0	40	11,4286	130	37,143
3,5	-	4,5	4	0,5	39	11,1429	169	48,286
4,5	-	5,5	5	1	32	9,1429	201	57,429
5,5	-	6,5	6	1,5	31	8,8571	232	66,286
6,5	-	7,5	7	2	15	4,2857	247	70,571
7,5	-	8,5	8	2,5	24	6,8571	271	77,429
8,5	-	9,5	9	3	15	4,2857	286	81,714
9,5	-	10,5	10	3,5	7	2,0000	293	83,714
10,5	-	11,5	11	4	9	2,5714	302	86,286
11,5	-	12,5	12	4,5	6	1,7143	308	88,000
12,5	-	13,5	13	5	5	1,4286	313	89,429
13,5	-	14,5	14	5,5	11	3,1429	324	92,571
14,5	-	15,5	15	6	5	1,4286	329	94,000
15,5	-	16,5	16	6,5	5	1,4286	334	95,429
16,5	-	17,5	17	7	7	2,0000	341	97,429
17,5	-	18,5	18	7,5	3	0,8571	344	98,286
18,5	-	19,5	19	8	1	0,2857	345	98,571
19,5	-	20,5	20	8,5	0	0,0000	345	98,571
20,5	-	21,5	21	9	3	0,8571	348	99,429
21,5	-	22,5	22	9,5	2	0,5714	350	100,000
22,5	-	23,5	23	10	0	0,0000	350	100,000

Согласно алгоритму расчета, за середину классов принято  $\Pi = 3$  мм. Исходя из этого, номер класса определяется по формуле:

$$x = \frac{P_{cp} - 3}{2}, \quad (2.28)$$

Графическая интерпретация полученного сгруппированного распределения частот представлена гистограммой (Рисунок 2.23), по которой можно наблюдать ступенчатую кривую, которая возрастает от 0 до  $n = 350$ .

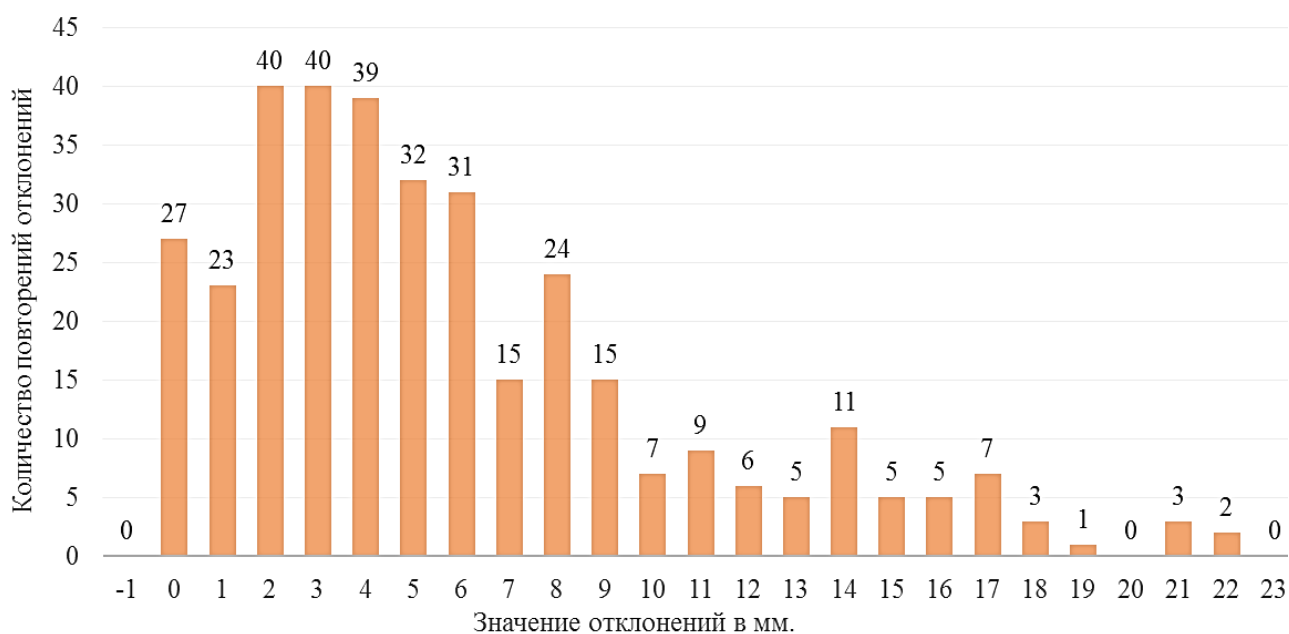


Рисунок 2.23 – Гистограмма эмпирического распределения частот отклонений толщины сечения при нормативном предельном допуске – 5 мм

Для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений определены вспомогательные данные, приведенные в таблице П.5 Приложения Б. По результатам расчета основных показателей, согласно формулам П.13 – П.18 Приложения Б, сформирована Таблица 2.20.

Таблица 2.20 – Основные показатели основных эмпирических характеристик распределения значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение показателя
1	Среднее арифметическое значение	$\bar{P}_{cp,0}$	5,917
2	Дисперсия	$\sigma^2$	22,92
3	Среднеквадратическое (стандартное) отклонение	$\sigma$	4,787
4	Коэффициент асимметрии	$A$	1
5	Коэффициент эксцесса	$E$	1
6	Значение мода	$M_0$	5

В результате выполненного математического исследования можно построить кривую неоднородного распределения, которая приведена на Рисунке 2.24.



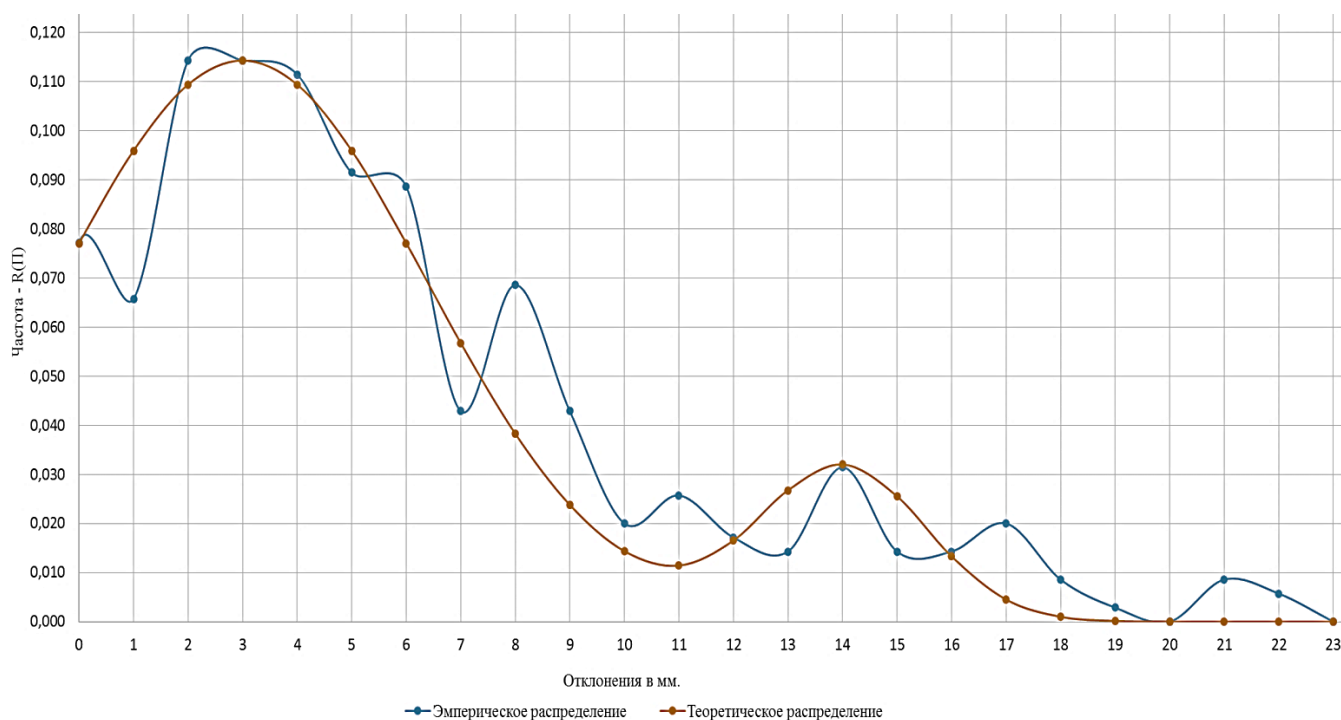


Рисунок 2.24 – Полигон частот и кривая неоднородного распределения

Медиана, или значение случайной величины, обладает следующим свойством: вероятность того, что  $\Pi_{cp}$  окажется меньше  $M_e$ , равна вероятности того, что  $\Pi$  окажется больше  $M_e$ :

$$M_e = \Pi_{cp} + d \frac{\frac{449}{2} - \sum r_{me-1}}{r_{me}} = 4,5 + 2 \frac{449 - 137}{49} = 17,23 \quad (2.29)$$

Выявленные числовые характеристики также показывают, что выявленное распределение является неоднородным, в связи с чем определение функции осуществляется путем подбора кривых нормального распределения:

$$R_o(\Pi) = A_1 e^{-B_1 (\Pi - \mu_1)^2} + A_2 e^{-B_2 (\Pi - \mu_2)^2} = 40e^{-0,044 (\Pi - 3)^2} + 11e^{-0,216 (\Pi - 14)^2}, \quad (2.30)$$

Как показывают расчеты, совокупность исходных данных составляется из двух нормальных совокупностей с параметрами  $\sigma_1 = 3,38$  и  $\sigma_2 = 1,52$  (Таблица 2.21).

Таблица 2.21 – Параметры теоретического распределения по эмпирическим частотам

$\Pi_{cp}$	Частота, $r$	$r^t$	$\Pi_{cp}$	Частота, $r$	$r^t$
-1	0	19,86	13	5	9,36
0	27	26,98	14	11	11,20
1	23	33,58	15	5	8,93

$\Pi_{cp}$	Частота, $r$	$r^f$	$\Pi_{cp}$	Частота, $r$	$r^f$
2	40	38,29	16	5	4,65
3	40	40,00	17	7	1,58
4	39	38,29	18	3	0,35
5	32	33,58	19	1	0,05
6	31	26,98	20	0	0,00
7	15	19,86	21	3	0,00
8	24	13,40	22	2	0,00
9	15	8,32	23	0	0,00
10	7	5,03	24	0	0,00
11	9	4,00	25	0	0,00
12	6	5,78	26	1	0,00

Определение близости эмпирического распределения к теоретическому может быть недостаточно точным, что обуславливает необходимость применения критерия согласия Пирсона, который основан на определении  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \sum \frac{(r-rt)^2}{rt} \quad (2.31)$$

Порядок расчета критерия согласия приведен в таблице **П.6 Приложения Б**, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия. Число степеней свободы  $f = 36 - 2 - 1 = 33$ . По таблицам  $\chi^2$ -распределения, определяем, что расхождение между эмпирической и теоретической кривой распределения можно признать случайным. Учитывая, что необходимая полученная площадь  $d\sum r = 350$ , уравнение кривой плотности неоднородного распределения отклонений будет иметь следующий вид:

$$R(\Pi) = 0,114e^{-0,044 (\Pi-3)^2} + 0,032e^{-0,216 (\Pi-14)^2} \quad (2.32)$$

Интегральная функцию распределения значений отклонений толщины сечения стен определена в результате математической обработки и имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,114 \int_0^{\Pi} e^{-0,044 (\Pi-3)^2} d\Pi + 0,032 \int_0^{\Pi} e^{-0,216 (\Pi-14)^2} d\Pi. \quad (2.33)$$

Распределение отклонений двухвершинное, и абсциссы наибольших значений равны 3 и 14 мм (Рисунок 2.25). Таким образом, мы имеем две параболы, соответствующие компонентам неоднородного распределения.

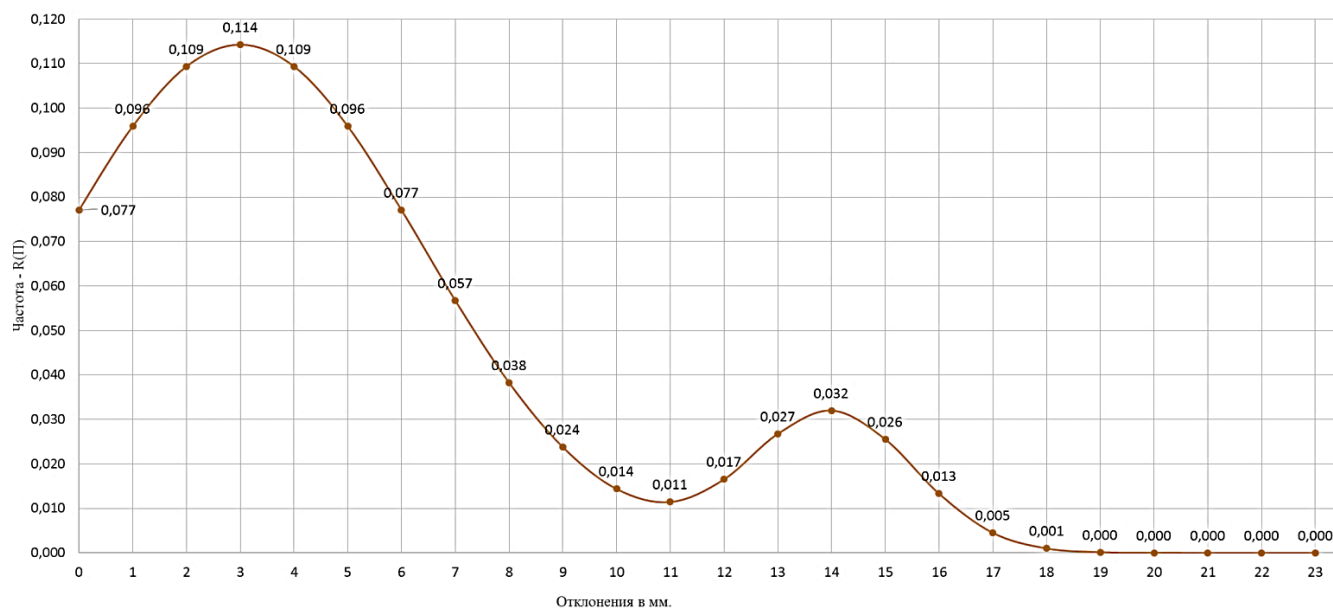


Рисунок 2.25 – Разбиение неоднородного распределения

В данном случае стоит обратить особое внимание, при визуальном анализе полученного неоднородного распределения, вторая точка экстремума соответствует значению отклонений в 14 мм. Данное фактическое значение отклонений значительно превысит предельно допустимые нормативные значения, в связи с чем, необходимо уделить особое внимание контролю качества производства опалубочных и бетонных работ, как и в случае отклонений толщины сечения иных вертикальных несущих конструкций – колонн [113].

## Выводы по Главе 2

Во второй главе представлено теоретическое обоснование темы исследования. Выбран объект исследования и определены основные параметры фиксируемых отклонений, которые отражаются в исполнительной документации. Объектом исследования являются несущие монолитные железобетонные конструкции зданий и сооружений. Проведено математическое исследование по определению законов распределения значений отклонений на основе анализа статистических данных. Сформированные графики и гистограммы зависимостей величины значений отклонений от их частоты (количества повторений), определяемые исходя из статистической обработки и анализа данных исполнительной документации, указывают на закон нормального распределения.

Результаты теоретического исследования свидетельствуют о том, что, исходя из множества рассматриваемых факторов и параметров, влияющих на возникновение отклонений, величины этих отклонений могут распределяться как в пределах нормативных значений допусков (граничных условий), так и за их пределами. Количество значений, выходящих за пределы допусков, для стен – 33 %, для колонн и пилонов – 24 %, балок и перекрытий – 1 %. Максимальное превышение допусков зафиксировано в 7,6 раза для стен.

Применив методы математической статистики и определив законы теоретического и эмпирического распределения выявленных отклонений, составлены интегральные функции распределения. Они включают в себя параметры, которые необходимы для выявления степени влияния отклонений на несущую способность и эксплуатационную надежность возведенных строительных конструкций. Законы выявлены путем подбора уравнений кривых нормального закона распределения, в зависимости от конструктивного элемента, фиксируемых параметров и предельно допустимых значений отклонений, указанных в нормативно-технической документации.

Для отклонений вертикальности колонн и пилонов по оси от проектных значений соотношение площадей статистического и теоретического

распределения, согласно графику кривой неоднородного распределения, соответствует значению 0,088. Функция распределения значений отклонений имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,11 \int_0^{\Pi} e^{-0,072(\Pi-5)^2} d\Pi + 0,033 \int_0^{\Pi} e^{-0,041(\Pi-15)^2} d\Pi.$$

Для отклонений толщины сечения колонн и пилонов от проектных значений соотношение площадей статистического и теоретического распределения соответствует значению 0,058. Функция распределения значений отклонений имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,149 \int_0^{\Pi} e^{-0,106(\Pi-2)^2} d\Pi + 0,022 \int_0^{\Pi} e^{-0,027(\Pi-13)^2} d\Pi.$$

Для отклонений вертикальности стен по оси от проектных значений соотношение площадей статистического и теоретического распределения соответствует значению 0,055. Функция распределения значений отклонений имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,065 \int_0^{\Pi} e^{-0,022(\Pi-5)^2} d\Pi + 0,048 \int_0^{\Pi} e^{-0,057(\Pi-15)^2} d\Pi.$$

Для отклонений толщины сечения стен от проектных значений соотношение площадей статистического и теоретического распределения соответствует значению 0,058. Функция распределения значений отклонений имеет следующий вид:

$$B(\Pi) = 0,114 \int_0^{\Pi} e^{-0,044(\Pi-3)^2} d\Pi + 0,032 \int_0^{\Pi} e^{-0,216(\Pi-14)^2} d\Pi.$$

В ходе анализа статистических данных и обработки их результатов с построением кривых и выявлением функций неоднородного распределения значений отклонений, отображаемых в исполнительных геодезических схемах, было определено, что наибольшее распределение сосредоточено в пределах значений нормативных допусков. Кроме того, значительная доля значений отклонений выходят за пределы границ значений нормативных допусков. Согласно построенным графикам, имеет место быть двухвершинное распределение. Одна вершина находится в рамках нормативных значений

допусков, а другая соответствует граничному значению предельно допустимой величины. Стоит также обратить особое внимание, что в некоторых случаях вторая вершина соответствует значению превышающему нормативную предельно допускаемую величину. Данные отклонения указывают на наличие дефектов и строительного брака, а следовательно, имеют наибольшее влияние на качество и безопасность возведенных строительных конструкций и объекта в целом. Учитывая мероприятия по проведению поверочных расчетов, выявленные отклонения в любом случае будут оказывать влияние на последующие этапы производства работ. Из этого следует, что необходимо выполнять анализ данных отклонений, так как при возведении последующих конструкций суммарная величина отклонений может превысить не только значения допусков, но и расстояние между опорными точками несущих элементов. Исходя из этого можно сделать вывод, что при фиксировании больших значениях отклонений в процессе строительства должны проводиться мониторинг и учет влияния выявленных отклонений, которые воздействуют на возведение конструкций на последующих этапах работ. Определение факторов и степень их влияния на возникновение отклонений на разных этапах производства работ является основной задачей. Стоит обратить внимание, что, согласно статистическим данным, значения отклонений высоты бетонируемого яруса и ширины бетонируемой захватки, выходящие за предельно допустимые нормативные значения, достаточно маловероятны и имеют малое влияние на возведение конструкций в целом. В связи с этим данные значения отклонений приняты несущественными.

### **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ НЕНОРМАТИВНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

#### **3.1. Дифференциация и группировка факторов, влияющих на возникновение отклонений монолитных железобетонных строительных конструкций**

В данном разделе продифференцированы и более развернуто приведены, а также сгруппированы в определенные группы факторы, обобщенно рассмотренные в первой и второй главах диссертационного исследования. Факторы определены по результату теоретического анализа научно-технической литературы и практического опыта в профессиональной сфере на основе:

- Требований нормативно-технических и руководящих документов (регламентов), рассмотренных в первой главе;
- Требований нормативно-правовых актов, действующих на территории РФ;
- Отечественной и зарубежной научно-технической литературы, рассмотренной в первой главе;
- Требований проектной и технологической документации по различным объектам строительства;
- Параметров качества, приведенных в комплектах исполнительной документации по устройству монолитных железобетонных несущих конструкций различных объектов [112];
- Практического опыта автора в рамках непосредственной профессиональной деятельности по осуществлению строительного контроля за производством СМР.

Стоит отметить, что факторов, влияющих на качество выполненных строительных конструкций, может быть множество – от брака при производстве работ до некачественного или неполного отображения показателей информационного блока конструкционно-технологической документации. К ним

можно отнести следующие обобщенные, всем известные факторы: нарушение требований НТД и организационно-технической документации по технологии бетонирования, ухода за бетоном, технологии опалубочных работ; недостаток квалификации строительного персонала и пр. [8, 24, 43, 50, 75, 125]. Ниже более подробно приведены выявленные автором факторы, которые имеют свое влияние, в разной степени, на возникновение отклонений, рассмотренных во второй главе. С целью учета совокупности факторов, влияющих на отклонения, рационально данные факторы разбить на несколько групп-блоков и выполнить многофакторный анализ с учетом влияния всех возможных факторов.

### **Первая группа – Техническо-исполнительские факторы:**

- Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам;
- Погрешности измерительных приборов, контролирующих отклонения конструкций от проектных значений;
- Ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам;
- Наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений;
- Недостаток квалификации строительного персонала [24, 50];
- Неправильная установка опалубочных щитов (несоблюдение требуемых размеров);
- Отсутствие требуемого затягивания замков опалубки;
- Неправильное крепление деталей опалубки;
- Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации;
- Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям;
- Несоблюдение проектных размеров установки опалубочных щитов;
- Несоблюдение вертикальности опалубочных щитов;



- Превышение значений неровностей внутренней поверхности опалубки предельных нормативных значений;
- Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание;
- Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки [65].

**Вторая группа – Процедурно-технологические (производственно-операционные) факторы:**

- Нарушение правильности хранения опалубочных элементов;
- Нарушение правильности складирования и хранения арматурных элементов;
- Использование дефектной опалубочной системы [1];
- Отсутствие учета влияния имеющихся отклонений нижележащих конструкций;
- Отсутствие обработки поверхности рабочих швов [91];
- При бетонировании массивной конструкции не рассчитана толщина слоя укладываемого бетона;
- Нарушение технологии бетонирования (укладки и уплотнения, способа подачи бетонной смеси, пренебрежение высотой свободного сброса бетонной смеси, выгрузка бетона в неподготовленную тару) [45, 91];
- Нарушение технологии ухода за бетоном (температурно-влажностного режима) [46, 47, 125];
- Непрофессиональный демонтаж опалубки (вследствие чего возникают сколы);
- Время перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без сооружения рабочего шва превышает установленное проектом и нормами [65];
- Несвоевременное удаление элементов расчески из конструкций (вилатерм, металлическая сетка) [91];

- Наличие дополнительной неучтенной нагрузки в период выдерживания бетона до приобретения прочности не менее 1,5 Мпа (движение людей по конструкции, установка рихтовок по забетонированной поверхности) [91];
- Нарушение схемы операционного контроля со стороны ИТР [43];
- Неприбытие представителей служб надзора;
- Несогласованные конструктивные решения и комбинации по выставлению опалубки (самовольные решения);
- Несоблюдение технологии и очередности выполнения работ.

#### **Третья группа – Организационно-управленческие факторы:**

- Недостаток финансирования;
- Отсутствие мотивации;
- Сжатые сроки;
- Халатность строительного персонала;
- Нерациональное использование трудовых ресурсов (внутрисменные простои, непроизводительные затраты);
- Нерациональное использование технических ресурсов;
- Нерациональное использование материальных ресурсов.

#### **Четвертая группа – Проектно-конструкторские и технологические факторы (факторы информационно-технологического блока конструктивно-технологической документации):**

- Отсутствие у застройщика проектных решений для конкретных участков конструкций с детальной проработкой узлов;
- Низкое качество технологических решений;
- Низкое качество объемно-планировочных решений;
- Низкое качество конструктивных решений;
- Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции) [43, 91];
- Недостаток информации в конструкторско-технологической документации;

- Низкое качество разработки ППР;
- Неполное отображение информации в проектной/рабочей документации (непрофессиональное оформление) [91].

**Пятая группа – Факторы информационно-технологического блока выполненных работ:**

- Некорректное оформление исполнительной документации – погрешности отображения значений отклонений [113];
- Отсутствие всех необходимых линейных размеров выполненных конструкций, в том числе привязки их к осям или иным конструктивным элементам;
- Отсутствие всех необходимых высотных отклонений выполненных ранее конструкций.

### **3.2. Описание применения метода экспертных оценок и определение удельных значений рассматриваемых факторов**

Для определения удельного значения выявленных факторов, влияющих на возникновение отклонений, применяется метод экспертных оценок путем составления анкет и проведения анкетирования среди специалистов в области строительства, специализирующихся на возведении монолитных железобетонных конструкций.

В анкете приведены все 49 рассматриваемых факторов (Таблица 3.1), специалисты каждому фактору присваивали соответствующий ранг от 0 до 10. В качестве рангов используются порядковые номера единиц в ранжированном ряду. Значение ранга – степень влияния на возникновение отклонений в монолитных железобетонных конструкциях, где 0 – совсем не влияет, 10 – имеет максимальное прямое влияние.

Специалисты, участвующие в анкетировании:

– руководители проекта, включенные в национальный реестр специалистов в области строительства;

- инженеры отдела технического заказчика, включенные в национальный реестр специалистов в области строительства;
- инженеры строительного контроля, включенные в национальный реестр специалистов в области строительства;
- начальники ПТО, включенные в национальный реестр специалистов в области строительства;
- ведущие инженеры и инженеры ПТО, находящиеся на объектах, где выполняется устройство монолитных железобетонных конструкций;
- прорабы объектов, на которых ведутся работы по устройству монолитных железобетонных конструкций (для корректировки и проверки итогового результата сбора данных анкетирования).

Метод экспертных оценок выполнен несколькими этапами (Рисунок 3.1).

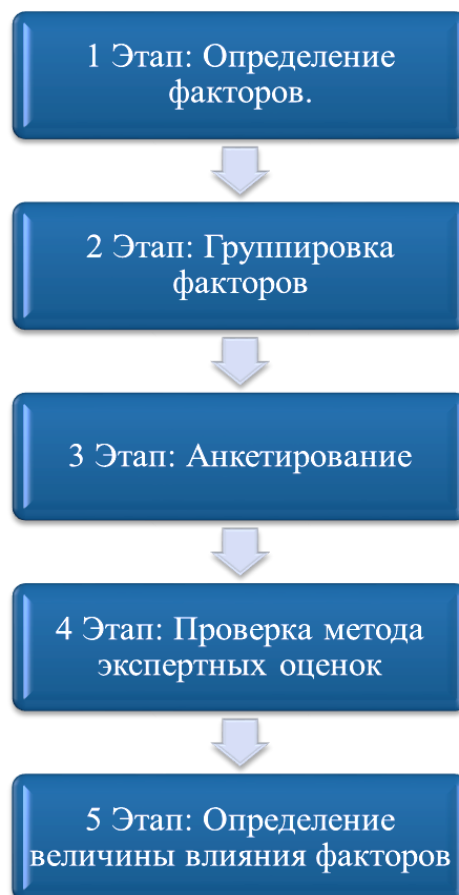


Рисунок 3.1 – Этапы метода экспертных оценок

**1 Этап.** Определение факторов:

- анализ нормативной документации;

- анализ технической и технологической документации;
- анализ регламентов по возведению монолитных железобетонных конструкций;
- анализ иностранной научно-технической литературы;
- анализ отечественной научно-технической литературы;
- анализ параметров, выявленных по результату практического производственного опыта в строительной отрасли.

### **2 Этап.** Группировка факторов:

- выявление 49 факторов;
- разбивка факторов на 5 групп с различным влиянием.

### **3 Этап.** Анкетирование:

- проведение опроса в виде анкеты;
- ранжирование от 0 до 10 каждого фактора;
- простановка экспертами наиболее вероятной величины отклонения, которое может возникнуть по результатам суммарного влияния факторов, в соответствии с выставленными рангами самого эксперта.

### **4 Этап.** Проверка метода экспертных оценок:

- обработка анкет;
- анализ значимости исследуемых факторов;
- определение коэффициента конкордации;
- исчисление критерия согласия Пирсона.

### **5 Этап.** Определение величины влияния факторов:

- определение величины влияния факторов;
- отсеивание «шумового поля».

В ходе проведения анкетирования и обработки результатов выявлены суммы рангов каждого фактора и удельные значения факторов в % соотношении, которые отображены на Рисунке 3.2 и Таблице 3.1.

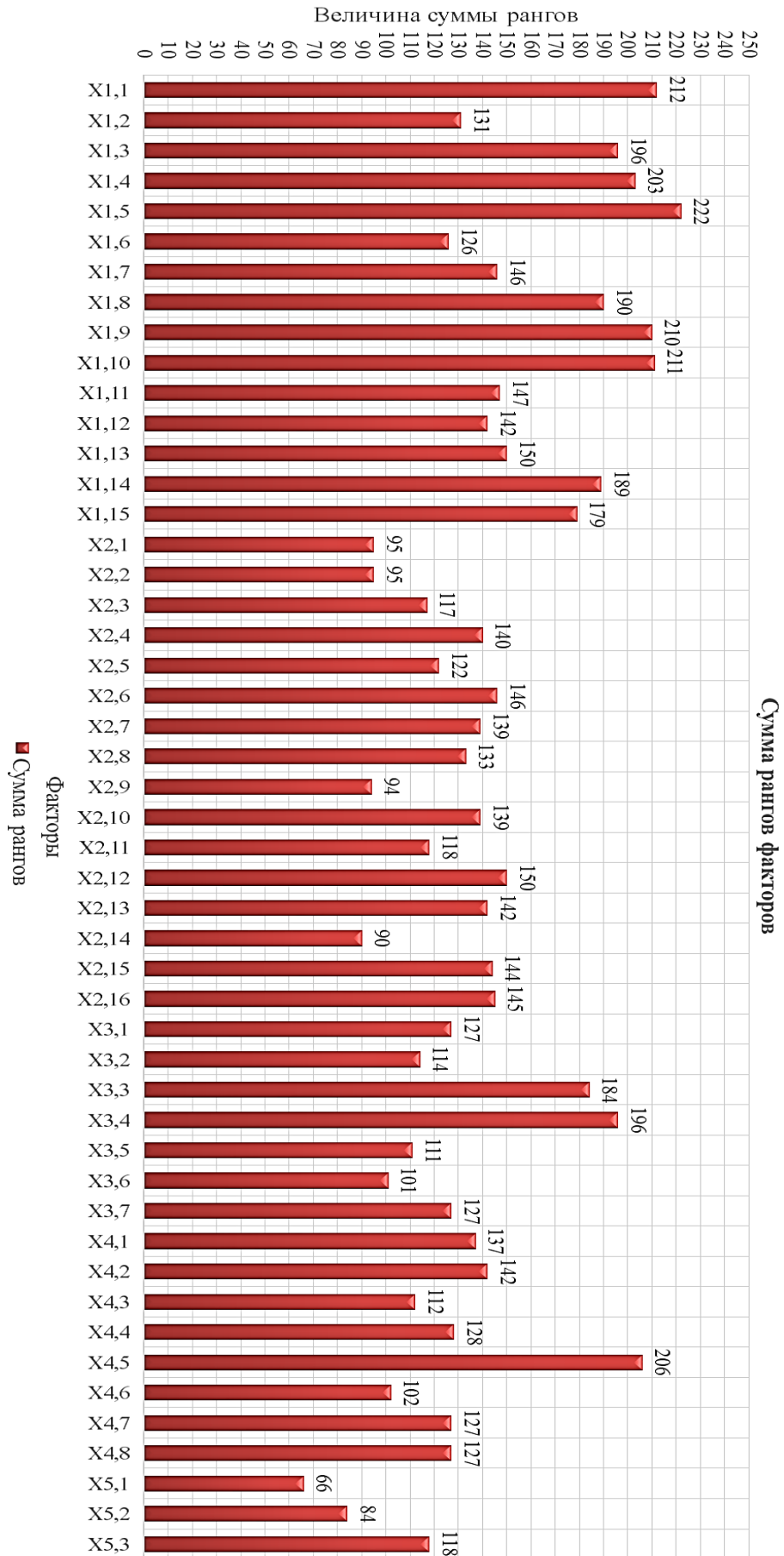


Рисунок 3.2 – Гистограмма значений суммы рангов факторов

Принята следующая индексация рассматриваемых факторов:

$X_{i,j}$  – величина влияния  $i,j$ -го фактора,

где  $i$  – шифр группы факторов;  $j$  – шифр порядкового номера фактора в группе.

Таблица 3.1 – Группа факторов, влияющих на возникновение отклонений в монолитных железобетонных несущих конструкциях и их величина

№ п/п	Группа факторов	Индекс группы факторов	Фактор	Шифр фактора	Удельное значение фактора, %
1	Техническо-исполнительские факторы	1	Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам	$X_{1,1}$	95
2			Погрешности измерительных приборов, контролирующих отклонения конструкций от проектных значений	$X_{1,2}$	59
3			Ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам	$X_{1,3}$	88
4			Наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений	$X_{1,4}$	91
5			Недостаток квалификации строительного персонала	$X_{1,5}$	100
6			Неправильная установка опалубочных щитов (несоблюдение требуемых размеров)	$X_{1,6}$	57
7			Отсутствие требуемого затягивания замков опалубки	$X_{1,7}$	66
8			Неправильное крепление деталей опалубки	$X_{1,8}$	86
9			Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации	$X_{1,9}$	95
10			Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям	$X_{1,10}$	95
11			Несоблюдение проектных размеров установки опалубочных щитов	$X_{1,11}$	66
12			Несоблюдении вертикальности опалубочных щитов	$X_{1,12}$	64
13			Превышение значений неровностей внутренней поверхности опалубки предельных нормативных значений	$X_{1,13}$	68
14			Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание	$X_{1,14}$	85

№ п/п	Группа факторов	Индекс группы факторов	Фактор	Шифр фактора	Удельное значение фактора, %
15			Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки	$X_{1,15}$	81
16	Процедурно-технологические	2	Нарушение правильности хранения опалубочных элементов	$X_{2,1}$	43
17			Нарушение правильности складирования и хранения арматурных элементов	$X_{2,2}$	43
18			Использование дефектной опалубочной системы	$X_{2,3}$	53
19			Отсутствие учета влияния имеющихся отклонений нижележащих конструкций	$X_{2,4}$	63
20			Отсутствие обработки поверхности рабочих швов	$X_{2,5}$	55
21			При бетонировании массивной конструкции не рассчитана толщина слоя укладываемого бетона	$X_{2,6}$	66
22			Нарушение технологии бетонирования	$X_{2,7}$	63
23			Нарушение технологии ухода за бетоном (температурно-влажностного режима)	$X_{2,8}$	60
24			Непрофессиональный демонтаж опалубки (вследствие чего возникают сколы)	$X_{2,9}$	42
25			Время перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без сооружения рабочего шва превышает установленное проектом и нормами	$X_{2,10}$	63
26			Несвоевременное удаление элементов расчески из конструкций (вилатерм, металлическая сетка)	$X_{2,11}$	53
27			Наличие дополнительной неучтенной нагрузки в период выдерживания бетона до приобретения прочности не менее 1,5 Мпа	$X_{2,12}$	68
28			Нарушение схемы операционного контроля со стороны ИТР	$X_{2,13}$	64
29			Неприбытие представителей служб надзора	$X_{2,14}$	41
30			Несогласованные конструктивные решения и комбинации по выставлению опалубки (самовольные решения)	$X_{2,15}$	65
31			Несоблюдение очередности выполнения работ	$X_{2,16}$	65



№ п/п	Группа факторов	Индекс группы факторов	Фактор	Шифр фактора	Удельное значение фактора, %
32	Организационно-управленческие факторы	3	Недостаток финансирования	$X_{3,1}$	57
33			Отсутствие мотивации	$X_{3,2}$	51
34			Сжатые сроки	$X_{3,3}$	83
35			Халатность строительного персонала	$X_{3,4}$	88
36			Нерациональное использование трудовых ресурсов (внутрисменные простои, непроизводственные затраты)	$X_{3,5}$	50
37			Нерациональное использование технических ресурсов	$X_{3,6}$	45
38			Нерациональное использование материальных ресурсов	$X_{3,7}$	57
39	Проектно-конструкторские и технологические факторы	4	Отсутствие у застройщика проектных решений для конкретных участков конструкций с детальной проработкой узлов	$X_{4,1}$	62
40			Низкое качество технологических решений	$X_{4,2}$	64
41			Низкое качество объемно-планировочных решений	$X_{4,3}$	50
42			Низкое качество конструктивных решений	$X_{4,4}$	58
43			Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции)	$X_{4,5}$	93
44			Недостаток информации в конструкторско-технологической документации	$X_{4,6}$	46
45			Низкое качество разработки ППР	$X_{4,7}$	57
46			Неполное отображение информации в проектной/рабочей документации (непрофессиональное оформление)	$X_{4,8}$	57
47	Факторы информационно-технологического блока	5	Некорректное оформление исполнительной документации – погрешности отображения значений отклонений	$X_{5,1}$	30
48			Отсутствие всех необходимых линейных размеров выполненных конструкций, в том числе привязки их к осям или иным конструктивным элементам	$X_{5,2}$	38
49			Отсутствие всех необходимых высотных отклонений выполненных ранее конструкций	$X_{5,3}$	53

### 3.3. Расчет коэффициента конкордации

Для определения согласованности мнений экспертов используется расчет коэффициента конкордации Кэндалла. Расчет коэффициента конкордации выполняется в несколько этапов:

Этап 1. Формирование анкеты опроса, а также определение экспертной комиссии. Число рассматриваемых факторов  $n = 49$ . Число экспертов, которым направлялись анкеты с оценкой величины влияния факторов,  $m = 23$ .

Этап 2. Рассылка анкеты экспертам и проведение анкетного опроса. Сбор данных (мнений) экспертов, систематизация и оценка при помощи методов математической статистики. Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера.

Этап 3. По результатам анкетирования и систематизации данных выполняется формирование сводной матрицы рангов факторов по всем экспертам (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Сводная матрица рангов

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15– 20	21	22	23
$X_{1,1}$	10	10	9	10	9	9	9	10	10	8	8	9	9	9	$X_{1,1}$	10	9	9
$X_{1,2}$	9	7	9	2	9	4	5	5	6	7	2	7	7	5	$X_{1,2}$	5	7	5
$X_{1,3}$	10	10	9	5	9	10	9	9	7	10	6	9	6	9	$X_{1,3}$	8	8	9
$X_{1,4}$	10	10	10	5	8	8	8	7	10	10	6	10	9	9	$X_{1,4}$	9	10	9
$X_{1,5}$	10	10	10	10	9	10	10	9	9	9	9	10	9	10	$X_{1,5}$	10	10	10
$X_{1,6}$	8	10	3	2	6	5	3	7	8	4	3	8	3	6	$X_{1,6}$	3	9	6
$X_{1,7}$	9	10	3	6	8	7	8	5	3	8	8	3	8	8	$X_{1,7}$	5	5	10
$X_{1,8}$	8	10	6	6	9	10	9	9	8	7	8	9	7	9	$X_{1,8}$	6	8	10
$X_{1,9}$	10	8	9	10	10	8	8	9	8	10	9	10	9	9	$X_{1,9}$	10	9	7
$X_{1,10}$	8	10	9	10	10	9	8	10	10	9	10	8	9	9	$X_{1,10}$	10	9	9
$X_{1,11}$	6	10	4	1	5	3	1	8	7	6	9	10	10	1	$X_{1,11}$	9	3	5
$X_{1,12}$	8	8	4	7	4	4	8	7	8	5	7	6	7	5	$X_{1,12}$	6	5	5
$X_{1,13}$	7	8	7	7	4	8	7	7	7	7	7	7	7	7	$X_{1,13}$	7	4	5
$X_{1,14}$	9	10	8	7	9	9	7	9	8	9	9	10	10	10	$X_{1,14}$	8	7	7
$X_{1,15}$	5	10	5	7	6	9	5	5	6	10	10	10	10	7	$X_{1,15}$	7	7	7
$X_{2,1}$	5	2	1	6	10	4	6	5	3	5	5	1	5	5	$X_{2,1}$	1	5	3
$X_{2,2}$	4	5	1	6	6	5	4	3	4	5	6	2	4	5	$X_{2,2}$	5	1	4
$X_{2,3}$	6	5	2	8	4	3	5	6	8	6	8	6	5	6	$X_{2,3}$	2	2	4

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15– 20	21	22	23
$X_{2,4}$	8	9	3	7	5	3	7	8	7	5	7	8	5	5	$X_{2,4}$	8	7	4
$X_{2,5}$	6	5	4	7	4	7	6	7	4	5	5	5	6	4	$X_{2,5}$	4	5	7
$X_{2,6}$	7	8	5	8	9	6	5	7	7	5	7	5	5	7	$X_{2,6}$	5	7	5
$X_{2,7}$	8	9	5	10	2	3	6	8	8	8	6	5	5	5	$X_{2,7}$	8	5	5
$X_{2,8}$	6	9	4	9	3	6	4	6	5	9	6	6	4	6	$X_{2,8}$	7	7	5
$X_{2,9}$	5	3	2	7	8	4	5	3	2	5	7	2	5	5	$X_{2,9}$	3	2	7
$X_{2,10}$	5	6	5	9	6	9	5	7	6	6	5	6	5	5	$X_{2,10}$	5	6	7
$X_{2,11}$	6	3	4	8	7	8	6	5	3	6	5	3	6	4	$X_{2,11}$	5	3	6
$X_{2,12}$	7	9	6	9	6	8	6	6	9	6	6	6	6	6	$X_{2,12}$	5	9	6
$X_{2,13}$	8	9	10	5	3	7	5	6	5	5	5	5	5	5	$X_{2,13}$	8	7	6
$X_{2,14}$	4	1	4	7	4	2	1	4	4	1	4	4	6	3	$X_{2,14}$	7	6	5
$X_{2,15}$	7	5	8	5	3	7	7	6	6	6	6	6	8	6	$X_{2,15}$	7	6	7
$X_{2,16}$	3	3	8	10	9	9	7	4	3	7	7	7	5	8	$X_{2,16}$	7	8	4
$X_{3,1}$	6	6	6	5	0	5	6	6	6	6	5	6	6	6	$X_{3,1}$	6	6	5
$X_{3,2}$	5	9	3	5	4	6	3	5	3	5	5	4	4	5	$X_{3,2}$	5	5	4
$X_{3,3}$	7	9	6	9	7	10	8	7	8	8	8	8	8	8	$X_{3,3}$	7	8	8
$X_{3,4}$	10	10	9	10	7	9	9	7	7	10	9	9	7	7	$X_{3,4}$	6	9	6
$X_{3,5}$	4	8	1	2	3	5	7	3	6	4	5	8	4	1	$X_{3,5}$	8	3	7
$X_{3,6}$	6	8	1	2	2	1	3	4	2	3	8	6	6	5	$X_{3,6}$	4	6	8
$X_{3,7}$	5	9	2	2	6	8	9	8	7	6	3	4	5	8	$X_{3,7}$	7	3	8
$X_{4,1}$	6	8	4	8	4	5	6	4	7	6	8	4	8	7	$X_{4,1}$	8	5	8
$X_{4,2}$	6	7	7	8	4	5	6	8	7	6	6	6	6	6	$X_{4,2}$	6	6	6
$X_{4,3}$	6	9	6	2	4	3	5	5	6	5	4	2	5	5	$X_{4,3}$	4	6	3
$X_{4,4}$	7	7	5	2	1	4	5	7	3	4	6	7	3	8	$X_{4,4}$	3	6	7
$X_{4,5}$	7	10	7	9	7	10	10	9	10	7	7	10	9	9	$X_{4,5}$	10	10	10
$X_{4,6}$	4	5	2	8	2	7	5	4	3	3	6	2	3	2	$X_{4,6}$	7	6	4
$X_{4,7}$	5	3	6	8	4	8	6	4	5	3	4	7	8	6	$X_{4,7}$	5	4	8
$X_{4,8}$	4	5	2	8	6	4	4	6	5	6	5	6	5	6	$X_{4,8}$	8	8	3
$X_{5,1}$	3	4	5	0	1	1	4	0	4	4	1	2	0	5	$X_{5,1}$	2	0	4
$X_{5,2}$	5	10	5	0	7	0	4	0	4	6	4	5	4	2	$X_{5,2}$	0	7	0
$X_{5,3}$	7	8	5	0	5	4	8	7	7	5	5	3	3	5	$X_{5,3}$	6	7	5

Если в матрице рангов имеется одинаковый ранговый номер в оценках влияния факторов первого и второго эксперта, то необходимо проводить их переформирование. Переформирование произведено, согласно табл. **П.7** и **П.8** **Приложения В**, без изменения оценок экспертов для сохранения соответствующего соотношения. Так как в матрице имеются связанные ранги в оценках с 3-го до 23-го эксперта, также произведено их переформирование. На

основании перестроения рангов построена новая матрица рангов (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Новая матрица рангов

Фактор / Эксперт	1	2	3	4	5	6	7	8–23	Сумма рангов	$d$	$d^2$
$X_{1,1}$	46,5	42,5	43,5	46	42,5	41	45	$X1$	1005	430	184900
$X_{1,2}$	42	17	43,5	8	42,5	13	15,5	$X2$	512,5	-62,5	3906
$X_{1,3}$	46,5	42,5	43,5	14,5	42,5	47	45	$X3$	909	334	111556
$X_{1,4}$	46,5	42,5	48	14,5	37	34	39	$X4$	939	364	132496
$X_{1,5}$	46,5	42,5	48	46	42,5	47	48,5	$X5$	1052,5	477,5	228006
$X_{1,6}$	37	42,5	11,5	8	27	19,5	4	$X6$	482	-93	8649
$X_{1,7}$	42	42,5	11,5	19,5	37	28	39	$X7$	592,5	17,5	306
$X_{1,8}$	37	42,5	31,5	19,5	42,5	47	45	$X8$	885,5	310,5	96410
$X_{1,9}$	46,5	22,5	43,5	46	48	34	39	$X9$	982,5	407,5	166056
$X_{1,10}$	37	42,5	43,5	46	48	41	39	$X10$	995	420	176400
$X_{1,11}$	20,5	42,5	17	4	22	7	1,5	$X11$	638,5	63,5	4032
$X_{1,12}$	37	22,5	17	25,5	15,5	13	39	$X12$	569	-6	36
$X_{1,13}$	29,5	22,5	36	25,5	15,5	34	32,5	$X13$	629	54	2916
$X_{1,14}$	42	42,5	39	25,5	42,5	41	32,5	$X14$	870	295	87025
$X_{1,15}$	11,5	42,5	24,5	25,5	27	41	15,5	$X15$	791,5	216,5	46872
$X_{2,1}$	11,5	2	2,5	19,5	48	13	25	$X16$	290,5	-284,5	80940
$X_{2,2}$	5	10,5	2,5	19,5	27	19,5	8	$X17$	263	-312	97344
$X_{2,3}$	20,5	10,5	7	33,5	15,5	7	15,5	$X18$	430,5	-144,5	20880
$X_{2,4}$	37	31	11,5	25,5	22	7	32,5	$X19$	550,5	-24,5	600,25
$X_{2,5}$	20,5	10,5	17	25,5	15,5	28	25	$X20$	423,5	-151,5	22952
$X_{2,6}$	29,5	22,5	24,5	33,5	42,5	24	15,5	$X21$	580,5	5,5	30,25
$X_{2,7}$	37	31	24,5	46	5	7	25	$X22$	549,5	-25,5	650
$X_{2,8}$	20,5	31	17	40	8,5	24	8	$X23$	494,5	-80,5	6480
$X_{2,9}$	11,5	4,5	7	25,5	37	13	15,5	$X24$	283,5	-291,5	84972
$X_{2,10}$	11,5	14,5	24,5	40	27	41	15,5	$X25$	522,5	-52,5	2756,25
$X_{2,11}$	20,5	4,5	17	33,5	33	34	25	$X26$	420,5	-154,5	23870
$X_{2,12}$	29,5	31	31,5	40	27	34	25	$X27$	615	40	1600
$X_{2,13}$	37	31	48	14,5	8,5	28	15,5	$X28$	545,5	-29,5	870,25
$X_{2,14}$	5	1	17	25,5	15,5	4	1,5	$X29$	279,5	-295,5	87320
$X_{2,15}$	29,5	10,5	39	14,5	8,5	28	32,5	$X30$	583,5	8,5	72,25
$X_{2,16}$	1,5	4,5	39	46	42,5	41	32,5	$X31$	591	16	256
$X_{3,1}$	20,5	14,5	31,5	14,5	1	19,5	25	$X32$	482,5	-92,5	8556
$X_{3,2}$	11,5	31	11,5	14,5	15,5	24	4	$X33$	357,5	-217,5	47306
$X_{3,3}$	29,5	31	31,5	40	33	47	39	$X34$	853	278	77284
$X_{3,4}$	46,5	42,5	43,5	46	33	41	45	$X35$	905,5	330,5	109230
$X_{3,5}$	5	22,5	2,5	8	8,5	19,5	32,5	$X36$	389	-186	34596

Фактор / Эксперт	1	2	3	4	5	6	7	8–23	Сумма рангов	$d$	$d^2$
$X_{3,6}$	20,5	22,5	2,5	8	5	2,5	4	$X_{37}$	337,5	-237,5	56406
$X_{3,7}$	11,5	31	7	8	27	34	45	$X_{38}$	490,5	-84,5	7140
$X_{4,1}$	20,5	22,5	17	33,5	15,5	19,5	25	$X_{39}$	531	-44	1936
$X_{4,2}$	20,5	17	36	33,5	15,5	19,5	25	$X_{40}$	571,5	-3,5	12,25
$X_{4,3}$	20,5	31	31,5	8	15,5	7	15,5	$X_{41}$	372,5	-202,5	41006
$X_{4,4}$	29,5	17	24,5	8	2,5	13	15,5	$X_{42}$	505,5	-69,5	4830
$X_{4,5}$	29,5	42,5	36	40	33	47	48,5	$X_{43}$	969	394	155236
$X_{4,6}$	5	10,5	7	33,5	5	28	15,5	$X_{44}$	320	-255	65025
$X_{4,7}$	11,5	4,5	31,5	33,5	15,5	34	25	$X_{45}$	461	-114	12996
$X_{4,8}$	5	10,5	7	33,5	27	13	8	$X_{46}$	470,5	-104,5	10920
$X_{5,1}$	1,5	7	24,5	2	2,5	2,5	8	$X_{47}$	166	-409	167281
$X_{5,2}$	11,5	42,5	24,5	2	33	1	8	$X_{48}$	285,5	-289,5	83810
$X_{5,3}$	29,5	22,5	24,5	2	22	13	39	$X_{49}$	430	-145	21025
$\Sigma$	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	28175		2585760

Здесь  $d$  вычисляется по следующей формуле:

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 575, \quad (3.1)$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+49)49}{2} = 1225, \quad (3.2)$$

Учитывая, что суммы столбцов (Таблица 3.3) равны между собой, можно сделать вывод, что матрица составлена верно.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов. В результате анализа факторов выполнена их перегруппировка по значимости, согласно Таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Расположение факторов по значимости

№ п/п	Факторы	Сумма рангов	№ п/п	Факторы	Сумма рангов
1	$X_{5,1}$	166	26	$X_{2,13}$	545,5
2	$X_{2,2}$	263	27	$X_{2,7}$	549,5
3	$X_{2,14}$	279,5	28	$X_{2,4}$	550,5
4	$X_{2,9}$	283,5	29	$X_{1,12}$	569
5	$X_{5,2}$	285,5	30	$X_{4,2}$	571,5
6	$X_{2,1}$	290,5	31	$X_{2,6}$	580,5
7	$X_{4,6}$	320	32	$X_{2,15}$	583,5
8	$X_{3,6}$	337,5	33	$X_{2,16}$	591

№ п/п	Факторы	Сумма рангов	№ п/п	Факторы	Сумма рангов
9	$X_{3,2}$	357,5	34	$X_{1,7}$	592,5
10	$X_{4,3}$	372,5	35	$X_{2,12}$	615
11	$X_{3,5}$	389	36	$X_{1,13}$	629
12	$X_{2,11}$	420,5	37	$X_{1,11}$	638,5
13	$X_{2,5}$	423,5	38	$X_{1,15}$	791,5
14	$X_{5,3}$	430	39	$X_{3,3}$	853
15	$X_{2,3}$	430,5	40	$X_{1,14}$	870
16	$X_{4,7}$	461	41	$X_{1,8}$	885,5
17	$X_{4,8}$	470,5	42	$X_{3,4}$	905,5
18	$X_{1,6}$	482	43	$X_{1,3}$	909
19	$X_{3,1}$	482,5	44	$X_{1,4}$	939
20	$X_{3,7}$	490,5	45	$X_{4,5}$	969
21	$X_{2,8}$	494,5	46	$X_{1,9}$	982,5
22	$X_{4,4}$	505,5	47	$X_{1,10}$	995
23	$X_{1,2}$	512,5	48	$X_{1,1}$	1005
24	$X_{2,10}$	522,5	49	$X_{1,5}$	1052,5

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов. Для оценки согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации Кендалла, согласно следующей формуле:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^2 - n) - m \cdot \sum T_i}, \quad (3.3)$$

где  $S = 2585760,5$ ,  $n = 49$ ,  $m = 23$ ;

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^3 - t_i), \quad (3.4)$$

где  $T_i$  – число видов повторяющихся элементов в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_i$  – количество элементов в  $l$ -й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

Число «Т» для 1-го эксперта определено по формуле:

$$T_1 = [(6^3 - 6) + (3^3 - 3) + (7^3 - 7) + (10^3 - 10) + (8^3 - 8) + (8^3 - 8) + (5^3 - 5) + (2^3 - 2)] / 12 = 224,5 \quad (3.5)$$

Для остальных экспертов расчет ведется также, «Т» определено для каждого  $i$ -го эксперта, согласно формулам **П.20 – П.40 Приложения 3**. Суммарное значение:

$$\sum T_i = 224.5 + 354.5 + 131 + 174.5 + 176 + 134 + 211 + 214 + 201.5 + 290 + 237 + 162.5 + 239.5 + 337.5 + 223.5 + 172 + 324 + 162.5 + 204 + 290.5 + 194.5 + 183.5 + 210 = 5052, \quad (3.6)$$

$$W = \frac{258576,5}{\frac{1}{23} \cdot 23^2 (49^3 - 49) - 23 \cdot 5052} = 0,51, \quad (3.7)$$

По результатам расчета  $W = 0,51$ , что позволяет утверждать о наличии средней степени согласованности мнений экспертов.

Этап 6. Оценка значимости коэффициента конкордации. Для проверки и оценки значимости коэффициента конкордации необходимо выполнить расчет критерия согласования Пирсона.

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1) + \frac{1}{n-1} \sum T_i}, \quad (3.8)$$

$$\chi^2 = \frac{2585760,5}{\frac{1}{12} \cdot 23 \cdot 49(49+1) + \frac{1}{49-1} \cdot 5052} = 563,27, \quad (3.9)$$

Полученный по результатам расчета коэффициент  $\chi^2$  можно сравнить с табличным значением для числа со степенью свободы  $K = n - 1 = 49 - 1 = 48$  и при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Так как  $\chi^2$  расчетный  $563,27 \geq$  табличного  $(67,50481)$ , то  $W = 0,51$  – величина является не случайной, в связи с чем полученные результаты могут использоваться в дальнейших исследованиях.

При определении минимального количества экспертов, при котором объем выборки достаточен для обеспечения чувствительности критерия Пирсона, применена следующая формула [48]:

$$m > \frac{2\chi^2}{(n-1)}, \quad (3.10)$$

где:  $m$  – минимальное требуемое количество экспертов,  $n$  – количество оцениваемых объектов (факторов),  $\chi^2$  – теоретическое (табличное) значение критерия Пирсона.

Исходя из формулы (3.10), минимальное количество экспертов в рамках данного научного исследования определено в зависимости от выполнения следующего условия:

$$m > \frac{2 \times 67,50481}{(49-1)} > 2,82 \quad (3.11)$$

Следовательно, в соответствии с (3.8.2), для априорного ранжирования 49 объектов необходимо участие, как минимум, 3 экспертов. В данном случае участвуют  $m = 23$  эксперта.

### **3.4. Определение величины влияния факторов и построение регрессионной модели отклонений конструкций**

Для определения величины влияния факторов и построения регрессионной модели отклонений конструкций необходимо отсеять факторы, которые относятся к «шумовому полю». Для этого выполнено ранжирование по наибольшей величине суммы рангов по фактору  $X_{1,5} = 222$ , согласно Рисунку 3.2. Учитывая, что большая часть факторов имеет примерно равноценные суммы рангов, необходимо выделить те, которые имеют наибольшее влияние среди множества рассмотренных, а, следовательно, выделяются высокими значениями сумм рангов. При этом значительная часть факторов имеет значения сумм рангов от 66 до 150 – для учета данных факторов необходимо рассмотреть слишком большое число влияющих составляющих, которые весьма трудоемко систематизировать в единую методику. Исходя из условия, что наибольшее значение суммы рангов – 222 будет соответствовать 100% «уровень шума» принимается в интервале до 68 %. В пропорциональном соотношении наиболее выраженными являются факторы со значением более 150. Значения сумм рангов от 145 до 150 являются пограничной зоной, при которой сразу несколько факторов входят в эту область, при этом данные факторы не являются наиболее выраженными. В результате получаем основные влияющие факторы, приведенные в Таблице 3.5. При определении значимости наиболее влияющих факторов рассчитан удельный вес каждого фактора путем деления суммы рангов параметра (фактора) на общую сумму рангов, которая составляет  $\sum = 6972$ . Результаты расчета удельных весов каждого наиболее влияющего фактора представлены в Таблице 3.5. Для определения зависимости факторов и значений отклонений, возникающих в



конструкциях, применяется расчет уровня множественной регрессии с определением статистической значимости (расчет коэффициента Фишера).

Таблица 3.5 – Группа факторов, наиболее влияющих на возникновение отклонений в монолитных железобетонных несущих конструкциях

№ п/п	Группа факторов	Фактор	Шифр фактора	Сумма рангов	Удельный вес
1	Техническо-исполнительские факторы	Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам	$X_{1,1}$	212	0,030
2		Ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам	$X_{1,3}$	196	0,028
3		Наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений	$X_{1,4}$	203	0,029
4		Недостаток квалификации строительного персонала	$X_{1,5}$	222	0,032
5		Неправильное крепление деталей опалубки	$X_{1,8}$	190	0,027
6		Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации	$X_{1,9}$	210	0,030
7		Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям	$X_{1,10}$	211	0,030
8		Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание	$X_{1,14}$	189	0,027
9		Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки	$X_{1,15}$	179	0,026
10	Организационно-управленческие факторы	Сжатые сроки	$X_{3,3}$	184	0,026
11		Халатность строительного персонала	$X_{3,4}$	196	0,028
12	Проектно-конструкторские и технологические факторы	Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции)	$X_{4,5}$	206	0,030

Уравнение множественной регрессии показывает взаимосвязь между несколькими независимыми переменными и одной зависимой. В данном случае зависимой переменной является величина отклонения ( $Y$ ) – указанная каждым экспертом наиболее вероятная величина отклонения, которая может возникнуть по результатам суммарного влияния факторов, в соответствии с выставленными рангами самого эксперта и на основе результатов анализа теоретического распределения значений отклонений, приведенных во второй главе.

В процессе проведения метода экспертных оценок, помимо ранжирования величины влияния каждого фактора, каждому эксперту необходимо было указать наиболее вероятную величину возникновения отклонения учитывая суммарное влияние всех факторов и данных, представленных в Таблице 3.6 (на основе выводов второй главы).

Таблица 3.6 – Результаты анализа теоретического распределения значений отклонений, предоставленные экспертам в процессе анкетирования

№ п/п	Наименование теоретического распределения	Экстремум №1	Экстремум №2	Предельно допустимое (нормативное) значение отклонений	Соотношение площадей распределения ( $S_3/S_H$ )
1	Отклонения колонн и пилонов по оси от проектных значений	5 мм.	15 мм.	15 мм.	0,146
2	Отклонения толщины сечения колонн и пилонов от проектных значений	2 мм.	13 мм.	5 мм.	0,366
3	Отклонения стен по оси от проектных значений	5 мм.	14 мм.	15 мм.	0,158
4	Отклонения толщины сечения стен от проектных значений	3 мм.	14 мм.	5 мм.	0,518

В качестве исходных данных для расчета уравнения множественной регрессии, с применением метода наименьших квадратов, использованы значения рангов факторов и величины значений отклонений, полученных по результату опроса экспертов. Исходные данные 23-х экспертов для расчета представлены в Таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Исходные данные для расчета уравнения множественной регрессии

№ эксперта	Величина отклонения, мм.	Величина влияния (значения рангов) $X_{i,j}$ – факторов, оцененные экспертами											
	$Y$	$X_{1,1}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$	$X_{1,8}$	$X_{1,9}$	$X_{1,10}$	$X_{1,14}$	$X_{1,15}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$	$X_{4,5}$
1	10	10	10	10	10	8	10	8	9	5	7	10	7
2	15	10	10	10	10	10	8	10	10	10	9	10	10
3	5	9	9	10	10	6	9	9	8	5	6	9	7
4	5	10	5	5	10	6	10	10	7	7	9	10	9
5	8	9	9	8	9	9	10	10	9	6	7	7	7
6	15	9	10	8	10	10	8	9	9	9	10	9	10
7	5	9	9	8	10	9	8	8	7	5	8	9	10
8	10	10	9	7	9	9	9	10	9	5	7	7	9
9	14	10	7	10	9	8	8	10	8	6	8	7	10
10	15	8	10	10	9	7	10	9	9	10	8	10	7
11	5	8	6	6	9	8	9	10	9	10	8	9	7
12	15	9	9	10	10	9	10	8	10	10	8	9	10
13	13	9	6	9	9	7	9	9	10	10	8	7	9
14	10	9	9	9	10	9	9	9	10	7	8	7	9
15	5	9	8	10	9	9	9	8	7	7	9	10	10
16	14	10	10	9	10	9	10	9	9	10	9	9	9
17	8	9	7	9	10	8	10	10	7	8	7	10	9
18	8	10	10	10	9	8	10	9	7	8	8	9	10
19	13	8	9	9	10	10	10	9	6	10	8	7	7
20	10	9	9	8	10	7	8	9	7	10	9	10	10
21	14	10	8	9	10	6	10	10	8	7	7	6	10
22	10	9	8	10	10	8	9	9	7	7	8	9	10
23	13	9	9	9	10	10	7	9	7	7	8	6	10

Первым этапом выполнено определение и оценка уравнения регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор оценок коэффициентов регрессии  $s$  получится согласно следующему выражению:

$$s = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (3.12)$$

Исходя из этого, к матрице с переменными  $X_{i,j}$  добавляем единичный столбец (Таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Матрица значений параметров  $X_{i,j}$  с единичным столбцом

	$X_{1,1}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$	$X_{1,8}$	$X_{1,9}$	$X_{1,10}$	$X_{1,14}$	$X_{1,15}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$	$X_{4,5}$
1	10	10	10	10	8	10	8	9	5	7	10	7
1	10	10	10	10	10	8	10	10	10	15	9	9
1	9	9	10	10	6	9	9	8	5	10	9	8

	$X_{1,1}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$	$X_{1,8}$	$X_{1,9}$	$X_{1,10}$	$X_{1,14}$	$X_{1,15}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$	$X_{4,5}$
1	10	5	5	10	6	10	10	7	7	9	10	9
1	9	9	8	9	9	10	10	9	6	7	7	7
1	9	10	8	10	10	8	9	9	9	10	9	10
1	9	9	8	10	9	8	8	7	5	8	9	10
1	10	9	7	9	9	9	10	9	5	7	7	9
1	10	7	10	9	8	8	10	8	6	8	7	10
1	8	10	10	9	7	10	9	9	10	8	10	7
1	8	6	6	9	8	9	10	9	10	8	9	7
1	9	9	10	10	9	10	8	10	10	8	9	10
1	9	6	9	9	7	9	9	10	10	8	7	9
1	9	9	9	10	9	9	9	10	7	8	7	9
1	9	8	10	9	9	9	8	7	7	9	10	10
1	10	10	9	10	9	10	9	9	10	9	9	9
1	9	7	9	10	8	10	10	7	8	7	10	9
1	10	10	10	9	8	10	9	7	8	8	9	10
1	8	9	9	10	10	10	9	6	10	8	7	7
1	9	9	8	10	7	8	9	7	10	9	10	10
1	10	8	9	10	6	10	10	8	7	7	6	10
1	9	8	10	10	8	9	9	7	7	8	9	10
1	9	9	9	10	10	7	9	7	7	8	6	10

Значения отклонений в мм., определенные экспертами для дальнейшего расчета, сформированы в качестве матрицы  $Y$ , согласно Таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Матрица  $Y$

10
15
5
5
8
15
5
10
14
15
5
15
13
10
5
14
8
8
13
10
14
10
13

Далее сформируем транспонированную матрицу  $X_{i,j}^T$  (Таблица 3.10)

Таблица 3.10 – Транспонированная матрица  $X_{i,j}^T$

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	10	9	10	9	9	9	10	10	8	8	9	9	9	9	10	9	10	8	9	10	9	9
10	10	9	5	9	10	9	9	7	10	6	9	6	9	8	10	7	10	9	9	8	8	9
10	10	10	5	8	8	8	7	10	10	6	10	9	9	10	9	9	10	9	8	9	10	9
10	10	10	10	9	10	10	9	9	9	9	10	9	10	9	10	10	9	10	10	10	10	10
8	10	6	6	9	10	9	9	8	7	8	9	7	9	9	9	8	8	10	7	6	8	10
10	8	9	10	10	8	8	9	8	10	9	10	9	9	9	10	10	10	10	8	10	9	7
8	10	9	10	10	9	8	10	10	9	10	8	9	9	8	9	10	9	9	9	10	9	9
9	10	8	7	9	9	7	9	8	9	9	10	10	10	7	9	7	7	6	7	8	7	7
5	10	5	7	6	9	5	5	6	10	10	10	10	7	7	10	8	8	10	10	7	7	7
7	15	10	9	7	10	8	7	8	8	8	8	8	8	9	9	7	8	8	9	7	8	8
10	9	9	10	7	9	9	7	7	10	9	9	7	7	10	9	10	9	7	10	6	9	6
7	9	8	9	7	10	10	9	10	7	7	10	9	9	10	9	9	10	7	10	10	10	10

После чего, перемножаем транспонированную матрицу  $X_{i,j}^T$  на матрицу  $X_{i,j}$  (Таблица 3.11)

Таблица 3.11 – Умножение матриц  $X_{i,j}^T$  и  $X_{i,j}$

23	212	196	203	222	190	210	211	189	179	194	195	206
212	1964	1808	1872	2047	1749	1936	1947	1744	1639	1792	1796	1906
196	1808	1716	1752	1895	1638	1788	1789	1617	1526	1665	1664	1754
203	1872	1752	1833	1960	1682	1854	1853	1671	1581	1719	1721	1823
222	2047	1895	1960	2148	1835	2026	2035	1822	1728	1877	1884	1991
190	1749	1638	1682	1835	1606	1726	1739	1565	1486	1613	1603	1704
210	1936	1788	1854	2026	1726	1936	1927	1727	1638	1758	1786	1870
211	1947	1789	1853	2035	1739	1927	1947	1735	1643	1782	1782	1887
189	1744	1617	1671	1822	1565	1727	1735	1587	1482	1604	1598	1686
179	1639	1526	1581	1728	1486	1638	1643	1482	1475	1533	1528	1600
194	1792	1665	1719	1877	1613	1758	1782	1604	1533	1698	1658	1743
195	1796	1664	1721	1884	1603	1786	1782	1598	1528	1658	1695	1744
206	1906	1754	1823	1991	1704	1870	1887	1686	1600	1743	1744	1876

В матрице,  $(X_{i,j}^T X_{i,j})$  число 23, лежащее на пересечении 1-й строки и 1-го столбца, получено как сумма произведений элементов 1-й строки матрицы  $X_{i,j}^T$  и

1-го столбца матрицы  $X_{i,j}$ . Результат умножением матрицы представлен в Таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Матрица  $X_{i,j}^T X_{i,j}$

240
2217
2090
2164
2322
2013
2185
2204
2013
1944
2049
1996
2162

После перемножения матриц находим обратную матрицу  $(X_{i,j}^T X_{i,j})^{-1}$ , представленную в Таблице 3.13

Таблица 3.13 – Матрица  $(X_{i,j}^T X_{i,j})^{-1}$

82,245	0,169	0,051	-0,697	-2,695	-0,793	-0,641	-2,803	-0,622	0,096	0,534	-0,913	-0,704
0,169	0,286	-0,024	0,010	0,002	0,007	-0,105	-0,075	-0,033	0,055	-0,042	0,004	-0,108
0,0512	-0,024	0,046	-0,019	-0,019	-0,020	0,004	0,019	-0,003	-0,001	-0,001	-0,003	0,016
-0,697	0,010	-0,019	0,044	0,024	0,009	-0,020	0,035	0,002	0,002	-0,014	0,014	-0,013
-2,695	0,001	-0,019	0,024	0,253	0,009	-0,028	0,053	0,024	0,003	-0,034	0,016	-0,020
-0,793	0,007	-0,020	0,009	0,009	0,047	0,012	0,018	0,002	-0,004	-0,006	0,015	-0,001
-0,641	-0,104	0,004	-0,020	-0,028	0,012	0,151	-0,007	0,003	-0,030	0,051	-0,026	0,068
-2,802	-0,074	0,018	0,035	0,053	0,018	-0,007	0,205	0,019	-0,013	-0,031	0,049	0,036
-0,622	-0,033	-0,002	0,002	0,024	0,002	0,003	0,019	0,043	-0,009	-0,007	0,011	0,018
0,095	0,054	-0,001	0,002	0,003	-0,004	-0,030	-0,013	-0,009	0,026	-0,015	-0,001	-0,022
0,534	-0,042	-0,001	-0,014	-0,034	-0,006	0,051	-0,031	-0,007	-0,015	0,046	-0,024	0,017
-0,91	0,003	-0,003	0,014	0,016	0,014	-0,026	0,049	0,011	-0,001	-0,024	0,047	0,001
-0,704	-0,107	0,017	-0,013	-0,020	-0,001	0,068	0,036	0,019	-0,022	0,018	0,001	0,088

Вектор оценок коэффициентов регрессии равен:

$$Y(X_{i,j}) = (X_{i,j}^T X_{i,j})^{-1} X_{i,j}^T Y, \quad (3.13)$$

Таблица 3.14 – Вектор оценок коэффициентов регрессии

-37,807
1,8069
0,5583
1,0426
1,6801
0,05788
-1,0775
0,9794
0,666
1,3933
-0,7955
-0,6918
-0,2185

В процессе многофакторного регрессионного анализа было получено уравнение множественной регрессии вида:

$$Y = \alpha_0 + \sum \alpha_i X_{i,j}; \quad (3.14)$$

где  $\alpha_0$  – коэффициент, оценивающий агрегированное влияние прочих неучтенных факторов;  $\alpha_i$  – коэффициент (вектор) влияния фактора  $X_{i,j}$ ;  $X_{i,j}$  – величина влияния  $i,j$ -го фактора;  $Y$  – отклонение конструкций (в мм.) в зависимости от рассматриваемых факторов  $X_{i,j}$ .

По результату вычисленных векторов и коэффициентов, уравнение множественной регрессии будет выглядеть следующим образом:

$$Y = -37,807 + 1,8069X_{1,1} + 0,5583X_{1,3} + 1,0426X_{1,4} + 1,6801X_{1,5} + 0,05788X_{1,8} - 1,0775X_{1,9} + 0,9794X_{1,10} + 0,666X_{1,14} + 1,3933X_{1,15} - 0,7955X_{3,3} - 0,6918X_{3,4} - 0,2185X_{4,5}, \quad (3.15)$$

После определения уравнения множественной регрессии необходимо провести статистический анализ параметров уравнения. Для этого произведем проверку значимости уравнения регрессии и его коэффициентов, исследованию абсолютных и относительных ошибок аппроксимации. Для несмещенной оценки дисперсии выполнены вычисления по следующей формуле:

$$\varepsilon = Y - Y(X_{i,j}) = Y - X_{i,j} \cdot s, \quad (3.16)$$

Расчет несмещенной ошибки (абсолютной ошибки аппроксимации) представлен в Таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Расчет несмещенной ошибки дисперсии

Y	Y(X <sub>i,j</sub> )	$\varepsilon = Y - Y(X_{i,j})$	$\varepsilon^2$	$(Y - Y_{cp})^2$	$ \varepsilon : Y $
10	9,541	0,459	0,211	0,189	0,0459
15	15,294	-0,294	0,0866	20,841	0,0196
5	6,538	-1,538	2,365	29,537	0,308
5	2,806	2,194	4,814	29,537	0,439
8	8,896	-0,896	0,803	5,928	0,112
15	12,122	2,878	8,282	20,841	0,192
5	5,212	-0,212	0,045	29,537	0,0424
10	8,907	1,093	1,194	0,189	0,109
14	11,652	2,348	5,515	12,711	0,168
15	11,34	3,66	13,396	20,841	0,244
5	7,743	-2,743	7,522	29,537	0,549
15	14,107	0,893	0,797	20,841	0,0595
13	13,253	-0,253	0,0639	6,58	0,0194
10	12,544	-2,544	6,47	0,189	0,254
5	5,281	-0,281	0,0788	29,537	0,0562
14	15,166	-1,166	1,36	12,711	0,0833
8	9,386	-1,386	1,922	5,928	0,173
8	10,929	-2,929	8,58	5,928	0,366
13	11,67	1,33	1,769	6,58	0,102
10	11,555	-1,555	2,419	0,189	0,156
14	13,457	0,543	0,295	12,711	0,0388
10	9,37	0,63	0,397	0,189	0,063
13	13,232	-0,232	0,0537	6,58	0,0178
			68,437	307,652	3,617

Далее необходимо определить среднюю ошибку аппроксимации – среднее отклонения полученных значений от фактических, по следующей формуле:

$$A = \frac{\sum |\frac{\varepsilon}{Y}|}{n} \cdot 100\% = \frac{3,617}{23} \cdot 100\% = 15,73\%, \quad (3.17)$$

Оценка дисперсии определена согласно следующей формуле:

$$s_e^2 = (Y - Y(X_{i,j}))^T \cdot (Y - Y(X_{i,j})) = 68,437, \quad (3.18)$$

Несмещенная оценка дисперсии равна:

$$s^2 = \frac{l}{n-m-1} \cdot s_e^2 = \frac{l}{23-12-1} \cdot 68,437 = 6,8437, \quad (3.19)$$

Оценка среднеквадратичного отклонения (стандартная ошибка для оценки Y):

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{6,8437} = 2,616, \quad (3.20)$$



Далее находим оценку ковариационной матрицы согласно формуле (3.19) и Таблице 3.16.

$$k = S^2 \cdot (X_{ij}^T \cdot X_{ij})^{-1}, \quad (3.21)$$

Таблица 3.16 – Ковариационная матрица

562,866	1,161	0,351	-4,774	-18,447	-5,427	-4,387	-19,183	-4,257	0,655	3,654	-6,248	-4,82
1,161	1,962	-0,169	0,075	0,0123	0,053	-0,716	-0,511	-0,228	0,374	-0,288	0,024	-0,739
0,351	-0,169	0,321	-0,131	-0,136	-0,141	0,028	0,13	-0,017	-0,002	-0,004	-0,019	0,114
-4,774	0,075	-0,131	0,303	0,165	0,068	-0,138	0,237	0,014	0,013	-0,095	0,096	-0,088
-18,447	0,012	-0,136	0,165	1,734	0,067	-0,197	0,363	0,162	0,018	-0,229	0,108	-0,138
-5,427	0,053	-0,141	0,0682	0,067	0,325	0,0813	0,124	0,014	-0,029	-0,042	0,099	-0,004
-4,387	-0,716	0,028	-0,138	-0,197	0,081	1,03	-0,046	0,022	-0,207	0,35	-0,175	0,466
-19,183	-0,511	0,13	0,237	0,363	0,124	-0,046	1,404	0,133	-0,089	-0,21	0,34	0,245
-4,257	-0,228	-0,017	0,014	0,162	0,014	0,022	0,133	0,291	-0,065	-0,048	0,077	0,127
0,655	0,374	-0,002	0,013	0,018	-0,029	-0,207	-0,089	-0,065	0,18	-0,104	-0,008	-0,148
3,654	-0,288	-0,004	-0,095	-0,229	-0,042	0,35	-0,21	-0,048	-0,104	0,318	-0,162	0,118
-6,248	0,024	-0,019	0,096	0,108	0,099	-0,175	0,34	0,077	-0,009	-0,162	0,321	0,002
-4,82	-0,739	0,114	-0,088	-0,138	-0,004	0,466	0,245	0,127	-0,148	0,118	0,002	0,603

Дисперсии параметров модели определяются соотношением  $S^2_i = K_{ii}$ , т.е. это элементы, лежащие на главной диагонали:

$$s_{a0} = \sqrt{562,866} = 23,725, \quad (3.22)$$

$$s_{a1} = \sqrt{1,962} = 1,401, \quad (3.23)$$

$$s_{a2} = \sqrt{0,321} = 0,566, \quad (3.24)$$

$$s_{a3} = \sqrt{0,303} = 0,551, \quad (3.25)$$

$$s_{a4} = \sqrt{1,734} = 1,317, \quad (3.26)$$

$$s_{a5} = \sqrt{0,325} = 0,57, \quad (3.27)$$

$$s_{a6} = \sqrt{1,03} = 1,015, \quad (3.28)$$

$$s_{a7} = \sqrt{1,404} = 1,185, \quad (3.29)$$

$$s_{a8} = \sqrt{0,291} = 0,54, \quad (3.30)$$

$$s_{a9} = \sqrt{0,18} = 0,424, \quad (3.31)$$

$$s_{a10} = \sqrt{0,318} = 0,564, \quad (3.32)$$

$$s_{a11} = \sqrt{0,321} = 0,567, \quad (3.33)$$

$$s_{a12} = \sqrt{0,603} = 0,776, \quad (3.34)$$

Для проверки общего качества и корректности уравнения множественной регрессии применяется критерий Фишера, при котором коэффициент детерминации, основанный на данных генеральной совокупности, равен нулю. Коэффициент детерминации определяется по следующей формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{s_e^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{68,437}{307,65} = 0,7775, \quad (3.35)$$

Проверим гипотезу об общей значимости – гипотезу об одновременном равенстве нулю всех коэффициентов регрессии при объясняющих переменных:

$$H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0, \quad (3.36)$$

$$H_1: R^2 \neq 0 \quad (3.37)$$

Проверка этой гипотезы осуществляется с помощью F-статистики распределения Фишера (правосторонняя проверка). Если  $F < F_{kp} = F_{\alpha; n-m-1}$ , то нет оснований для отклонения гипотезы  $H_0$ .

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{(n-m-1)}{m} = \frac{0,7775}{1-0,7775} \cdot \frac{23-12-1}{12} = 2,913, \quad (3.38)$$

Табличное значение при степенях свободы  $k_1 = 12$ ,  $k_2$  определяется согласно формуле:

$$k_2 = n-m-1 = 23 - 12 - 1 = 10, \quad (3.39)$$

где:  $n$  – количество экспертов;  $m$  – количество наиболее влияющих факторов.

$$F_{kp}(12;10) = 2,91 \quad (3.40)$$

По результатам выполненной проверки можно сделать вывод, что полученное уравнение регрессии статистически надежно, т.к. фактическое значение  $F > F_{kp}$ , – это говорит о том, что коэффициент детерминации статистически значим. Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера. Установлено, что в исследуемой ситуации 77,75% общей вариабельности  $Y$  объясняется изменением факторов  $X_{i,j}$ .

Для того чтобы осуществлять корректную фактическую оценку качества выполненных строительных конструкций и управлять параметрами, влияющими на качество, необходимо на основе рассмотренных факторов разработать методику оценки и нивелирования влияния факторов на отклонения монолитных железобетонных конструкций для последующих этапов производства работ на объекте. Данная методика приведет к усилению контроля качества со стороны генерального подрядчика, технического заказчика, подрядчика и застройщика на основе операционного мониторинга параметров отклонений и факторов.

### **3.5. Построение и описание методики по предотвращению ненормативных отклонений**

Анализ проблематики, статистические методы оценки выявленных отклонений, а также многофакторный регрессионный анализ, по результату которого было получено уравнение множественной регрессии, рассмотренные в предыдущих разделах и главах, позволяют сформировать методику по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций. При формировании методики стоит рассмотреть объем выборки конструкций, при которой, теоретически, можно применять предлагаемую методику, основанную на уменьшении степени влияния рассмотренных ранее факторов. Данную методику возможно применять при возведении монолитных железобетонных конструкций (колонны, пилоны, стены и иные вертикальные несущие конструкции) на последующих этапах производства работ, в рамках одной захватки. При этом количество конструкций, возведенных в рамках одной захватки, не имеет существенного влияния на предлагаемую методику. Количество конструкций и объем геодезического контроля отклонений будет иметь влияние лишь на статистическую составляющую выявленных отклонений уже возведенных элементов.

Методику можно рассмотреть в виде блок-схемы или в виде таблицы, которая показана ниже. Методика разделена на этапы, которые включают в себя

различные особенности для соответствующих участников строительства, которые также приведены в Таблице 3.17.

Сформированы следующие основные 6 этапов применения разрабатываемой методики, которые представлены на Рисунок 3.3 в виде блок-схемы.



Рисунок 3.3 – Этапы применения методики по предотвращению возникновения ненормативных отклонений при устройстве монолитных железобетонных конструкций на последующих этапах производства работ

Заключительным шагом и этапом оценки предлагаемой методики является анализ результатов применения разработанной методики в рамках ее внедрения в организационно-технологическую структуру строительно-монтажных организаций.

Таблица 3.17 – Методика по предотвращению ненормативных отклонений

Этапы	Особенности для Заказчика / Технического заказчика / Лица, осуществляющего строительный контроль	Особенности для Генподрядчика / Подрядчика / Субподрядчика
1 ЭТАП	1. Предоставление технического регламента по приемке законченных конструкций, по предоставлению ИД подрядчиками	Изучение технических регламентов по приемки выполненных конструкций
		Изучение предельных отклонений, указанных в нормативной документации
		Изучение проектной и рабочей документации и указанных требований по предельным отклонениям
2 ЭТАП	1. Проверка полноты состава ИД	Формирование комплекта ИД
	2. Проверочная геодезическая съемка	Геодезическая съемка выполненных строительных конструкций
	3. Контроль исполнительных геодезических схем	Подготовка исполнительных геодезических схем
3 ЭТАП	1. Пооперационный контроль/мониторинг значений отклонений и сравнение с предельными допусками в НТД	Пооперационный контроль/мониторинг значений отклонений и сравнение с предельными допусками в НТД
4 ЭТАП	1. Сравнение с многофакторной регрессионной моделью отклонений	-
5 ЭТАП	-	-
6 ЭТАП	1. Усиление входного контроля поставляемых материалов и оборудования – проведение дублирующего контроля сопроводительных документов на все материалы и изделия	1. Усиление входного контроля поставляемых материалов и оборудования, запрет на использование материалов без сопроводительных документов и материалов для вторичного использования с других объектов
	2. Ведение реестра отклонений, находящихся на границе нормативных допусков и выходящих за их пределы	2. Учет отклонений, выполненных на предыдущих этапах конструкций, минимизация суммарных отклонений с учетом возведения последующих конструкций
	3. Оперативное взаимодействие с проектной организацией по выявленным отклонениям, оценка влияния, поверочные расчеты	3. Аутстаффинг, курсы повышения квалификации
	4. Аутстаффинг, включение в договоры подряда обязательный пункт о минимальной квалификации рабочих, курсы повышения квалификации	4. Сдача выполненных конструкций с учетом промежуточного и операционного контроля – работа по «чек-листам» промежуточной приемки
	5. Осуществление промежуточного и операционного контроля – работа по «чек-листам» промежуточной приемки	5. Усиление выходного контроля, контроля сопроводительных документов, контроль за соблюдением требований монтажа и складирования опалубочной системы (исключение повторного использования опалубки с других объектов)

Этапы	Особенности для Заказчика / Технического заказчика / Лица, осуществляющего строительный контроль	Особенности для Генподрядчика / Подрядчика / Субподрядчика
	6. Усиление выходного контроля, контроля сопроводительных документов, контроль за соблюдением требований монтажа и складирования опалубочной системы (исключение повторного использования опалубки с других объектов)	6. Устройство бенефитов, премиальных
	7. Устройство бенефитов, создание премиальных фондов	7. Оперативное взаимодействие с заказчиком контроля сроков выполнения работ и оперативное согласование графика производства работ в рамках этапа возведения конструкций
	8. Оперативный контроль сроков выполнения работ и оперативная корректировка графика производства работ в рамках этапа возведения конструкций, закладка «временного запаса»	

Методика включает в себя следующие основные составляющие (Рисунок 3.4): этапы применения методики; законы теоретического распределения значений отклонения и их интегральные функции,  $B(\Pi)$ ; многофакторная модель (коэффициент влияния группы факторов, факторы, мероприятия).

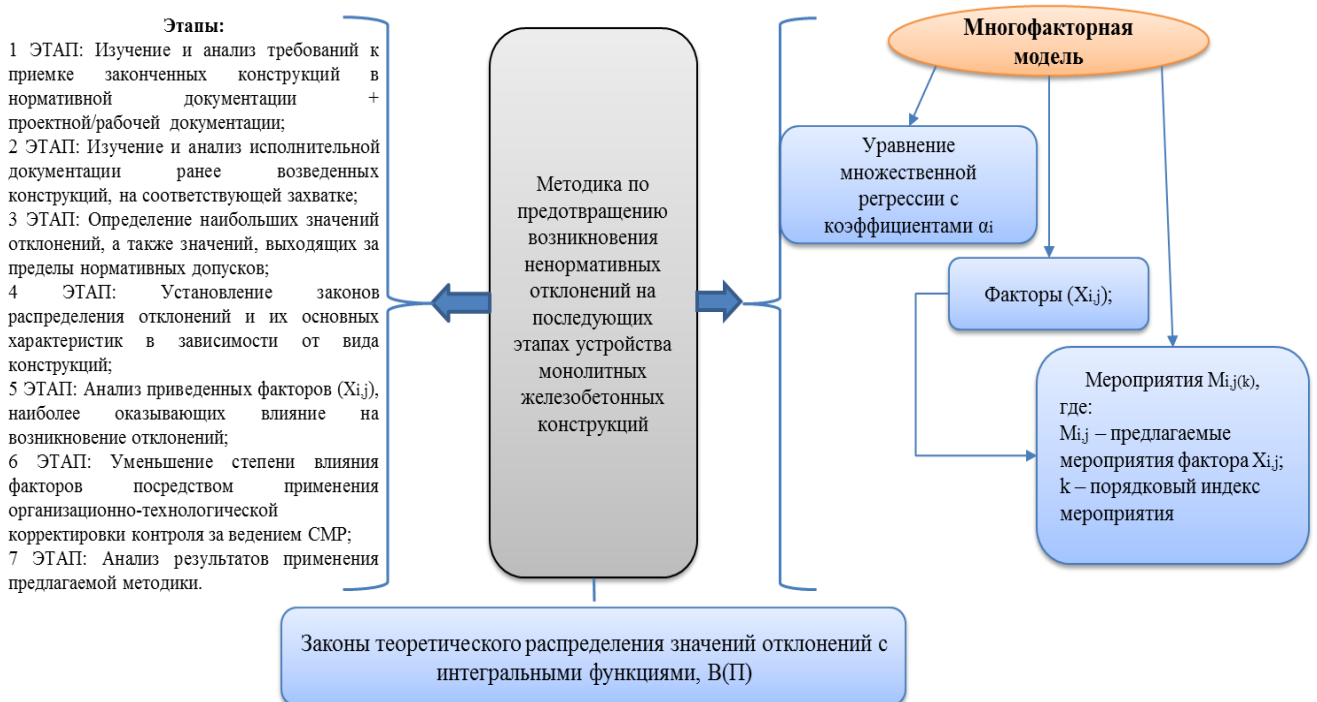


Рисунок 3.4 – Схема атрибутов и составляющих разработанной методики

Каждый приведенный этап включает в себя различные мероприятия  $M_{ij}(k)$ , которые основаны на уменьшении воздействия рассмотренных ранее факторов. При практическом применении предлагаемой методики на строительном объекте

необходимо рассмотреть всех участников строительства, которые задействованы при возведении монолитных железобетонных конструкций.

### **3.6. Особенности наиболее влияющих факторов и их воздействие на возведение конструкций**

#### **3.6.1. Техническо-исполнительские факторы**

##### **Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам ( $X_{I,1}$ )**

На практике, при производстве строительно-монтажных работ, зачастую не осуществляется полноценный входной контроль качества поставляемых материалов и изделий, согласно п. 9.3 [119]. Учитывая множество различных факторов, таких как недостаточное финансирование, сокращение финансовых затрат на материалы, срочность работ и сокращение сроков работ, материалы могут поставляться или использоваться вторично с других объектов без сопроводительных документов, подтверждающих качество. Кроме того, в процессе приемки материалов не ведется должным образом журнал входного контроля материалов и изделий.

Перед началом производства СМР необходимо выполнять входной визуальный, а также документальный контроль качества поставляемой продукции на строительную площадку. Например, при возведении железобетонных конструкций документом, подтверждающим качество арматуры (или металлоконструкции), является сертификат качества, на бетон – документ о качестве (паспорт), на опалубку – паспорт и сертификат соответствия. В данных документах указываются все необходимые физико-механические характеристики и реологические свойства материала или изделия, а также геометрические параметры. Кроме того, указываются соответствия материала требованиям действующих нормативно-технических документов. Именно данные параметры должны соответствовать согласованной проектно-сметной документации.

В качестве мероприятий, уменьшающих негативное воздействие рассматриваемого фактора и, соответственно, повышающих качество входного контроля, рекомендуется:

$M_{1,1(1)}$  – включать в договора подряда обязательный пункт о ведении журнала входного контроля материалов, изделий и оборудования;

$M_{1,1(2)}$  – включить в договора между заказчиком и техническим заказчиком или лицом, осуществляющим строительный контроль, обязательный пункт о контроле ведения и систематической проверке журнала входного контроля, оформляемым подрядчиком;

$M_{1,1(3)}$  – ужесточить требования для представителя технического заказчика или представителя строительного контроля по пооперационному входному контролю поставляемых на строительную площадку материалов;

$M_{1,1(4)}$  – не использовать несертифицированную продукцию без паспортов качества, в том числе б/у материалы с других объектов;

$M_{1,1(5)}$  – отбраковывать материалы или партии материалов без наличия сопроводительных документов, подтверждающих качество от производителя, оформленных в соответствии с НТД;

$M_{1,1(6)}$  – разработать систему взыскания с подрядчика денежных средств за использование материалов без документов, подтверждающих качество, а также за отсутствие соответствующей записи в журнале входного контроля.

**Ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам ( $X_{1,3}$ )**

Прежде чем приступать к устройству монолитных железобетонных конструкций, необходимо произвести геодезическую съемку выполненных конструкций (в том числе основания). При геодезической съемке используется начальная точка – она же является точкой привязки. Как правило, могут привязываться к нескольким маркерам координаты, одни из которых определяет (выдает координаты) Мосгоргеотрест, а другими могут служить маркеры с относительными координатами на каждом из этажей. На практике геодезисты подрядчиков могут привязываться к маркерам на соответствующих этажах с



относительными координатами, а геодезисты от заказчика могут привязываться к координатам, выданным Мосгоргеотрестом, – опорным реперам. В связи с этим после строительно-монтажных работ и приемки выполненных конструкций отклонения, указанные на геодезических исполнительных схемах подрядной организации, могут не соответствовать данным геодезической съемки заказчика. При неправильной привязке значения отклонений выполненных конструкций могут быть за пределами нормативных допусков, что может исказить фактическое отображение качества выполненных работ на соответствующем этапе. Также при неправильной привязке возведенные впоследствии конструкции могут нарушить проектную расчетную схему здания, что повлечет за собой изменение точек приложения нагрузок будущих конструкций.

Для предотвращения ошибок в привязке рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

$M_{1,3(1)}$  – выполнять проверочную (дублирующую) геодезическую съемку со стороны заказчика, технического заказчика, лица, выполняющего строительный контроль, а также генподрядчика, после чего выполнить сопоставление привязок – геодезический мониторинг;

$M_{1,3(2)}$  – организовать со стороны заказчика или иного лица, осуществляющего строительный контроль, постоянное взаимодействие с геодезистами подрядчика для уменьшения вероятности возникновения ошибок путем геодезического мониторинга;

$M_{1,3(3)}$  – при возведении конструкций увеличить периодичность контроля процесса привязки на захватке со стороны подрядной организации в лице прораба или мастера, а также со стороны лица, осуществляющего строительный контроль;

$M_{1,3(4)}$  – привлечение сторонней организации, имеющей соответствующую аккредитацию на геодезические виды работ, а также соответствующие поверки на применяемое оборудование для выполнения геодезического мониторинга.

**Наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений ( $X_{1,4}$ )**

Согласно полученным законам распределения значений отклонений, описанным во второй главе, имеется определенная доля отклонений, выходящих за предельно допустимые нормативные значения, которые указывают на наличие строительного брака. Также при наличии суммарных отклонений с нижележащими конструкциями может нарушаться проектная расчетная схема здания, что повлечет за собой изменение точек приложения нагрузок будущих конструкций. Исходя из этого, большие значения отклонений должны учитываться при последующих этапах производства работ или вовсе предупреждаться [113].

Требования п. 5.18.3 СП 70.13330.2012 о предельно допустимых отклонениях являются обязательными, так как включены в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденного постановлением Правительства России от 26.12.2014 № 1521. Поэтому выявленные фактические отклонения необходимо контролировать, проводя геодезическую съемку и отображая их на геодезических исполнительных схемах, оформленных по источнику [129]. Результат выполненной геодезической исполнительной документации – отражение фактического положения возведенных конструкций.

При возникновении выходящих за пределы нормативных допусков отклонений основания или нижележащих конструкций предлагаются следующие мероприятия:

$M_{1,4(1)}$  – введение реестра значений отклонений, которые находятся на границе и выходят за границы предельных допусков, которые будут контролироваться представителями технического заказчика или строительного контроля;

$M_{1,4(2)}$  – оперативное взаимодействие с проектной организацией (представителями авторского надзора) по выявленным отклонениям;

$M_{I,4(3)}$  – поверочные расчеты, согласование выявленных отклонений с главным инженером проекта;

$M_{I,4(4)}$  – простановка штампа с подписью ответственного лица – представителя строительного контроля о том, что выявленные отклонения не влияют на несущую способность и безопасность конструкций на исполнительной геодезической схеме;

$M_{I,4(5)}$  – разработка проектной организацией рекомендаций по возведению конструкций на следующих этапах с учетом имеющихся отклонений, для того чтобы после возведения конструкций на последующих этапах отклонения нивелировали суммарные отклонения с учетом нижележащих конструкций;

$M_{I,4(6)}$  – отказать в приемке конструкций с отклонениями, выходящими за пределы нормативных значений, в случае отсутствия согласования с проектной организацией, а также отсутствия штампа от представителя строительного контроля;

$M_{I,4(7)}$  – также, в случае отказа в приемке конструкции по вышеописанным причинам, необходимо произвести противоаварийные мероприятия по усилению конструкции и приведение ее к требованиям проекта за счет подрядной или субподрядной организации.

### **Недостаток квалификации строительного персонала ( $X_{I,5}$ )**

Учитывая проблемные вопросы по квалификации строительного персонала [75] и рассматривая данный аспект в качестве одного из важнейших факторов, влияющих на качество возведения конструкций, применительно к деятельности по управленческому регулированию кадрового комплекса, задачу формирования и грамотного функционирования структуры процесса по обеспечению кадровыми ресурсами можно разделить на две составляющие [24, 61, 165]:

1. Создание целесообразного и рационального аппаратного комплекса управленческого регулирования (административно-управленческий персонал, инженерно-технические работники);

2. Обеспечение высококвалифицированными и профессиональными кадрами рабочих специальностей.

В зарубежной практике инжиниринг стал самостоятельным видом услуг, непосредственно связанным с СМР [165]. Он связан с решением следующих задач: консультативная деятельность в разработке организационно-технологической, проектной и бизнес-экономической (сметной) документации; разработка проектной документации, оценка технических или экономических возможностей создаваемых мощностей или объектов, составление сметной документации, осуществление технического надзора и строительного контроля, обучение кадрового персонала, оптимизация технологических процессов, оптимизация управленческого аппарата и прочие услуги [61].

Данные услуги, предоставляемые подобными организациями, можно подразделить на две категории, они же и будут являться мероприятиями:

$M_{1,5(1)}$  – консультации, изыскания или доклады (отчеты), осуществляемые на стадиях теоретической проработки проекта, подготовки технико-экономического обоснования, в том числе реализации инвестиционно-строительно-промышленного проекта;

$M_{1,5(2)}$  – услуги, связанные с непосредственным выполнением технического проекта или сооружением объекта.

В настоящий период времени наблюдается устойчивая тенденция к росту инжиниринговых корпораций, специализирующихся на комплексном оказании услуг, в том числе и услуг по организационной координации или управленческому регулированию непосредственно возведения объекта, а также ведения строительного контроля [165]. Основным элементом системной организации управленческого регулирования является кадровый состав руководителей проектов и руководителей подразделений, задействованных на конкретном объекте. Они определяют направления формирования и оптимизации строительной организации, ее подразделений, а в том числе ставят и контролируют выполнение конкретных задач за определенные сроки [20].

Данная система организации характеризуется кадровым потенциалом, включающим в себя:

- 1) потребность в специалистах или руководителях установленной профессии или квалификации;
- 2) оценку укомплектованности кадрового состава и подбор необходимых специалистов;
- 3) распределение работников и сотрудников в соответствии с их не только квалификацией, но и с личностными характеристиками;
- 4) обеспечение сотрудников необходимыми техническими средствами, организацию рабочих мест и др.;
- 5) организацию подготовки, переподготовки или повышение квалификации трудовых ресурсов;
- 6) стабильность кадрового и трудового состава.

*M<sub>1,5(3)</sub>* – формирование резерва рабочих кадров;

*M<sub>1,5(4)</sub>* – переподготовку и повышение квалификации соответствующих групп работников.

В качестве мероприятий, направленных на использование трудовых ресурсов третьих лиц или сторонних организаций (на основании договора), рекомендуется внедрять систему кадрового лизинга – аутстаффинга.

*M<sub>1,5(5)</sub>* – аутстаффинг (способ организации работы с разными сотрудниками. Аутстаффинг заключается в следующем: согласно гражданско-правовому договору о предоставлении персонала, лизингодатель обязуется за плату предоставить лизингополучателю работников определенной профессии и квалификации для использования их труда в его производственном процессе. При этом лизингодатель выступает как работодатель. Преимущества аутстаффинга заключаются в следующем: в снижении числа сотрудников, что позволяет уменьшить прямые расходы предприятия; в приобретении дополнительного времени для освоения и применения новых методик обучения и управления персоналом; в значительном уменьшении юридических сложностей, связанных с выплатами компенсаций в случае увольнения сотрудников; в возможности увеличения заработных плат персонала или бенефитов за счет оптимизации управления; в снижении административной и финансовой нагрузки при

сохранении непосредственного руководства служащими; в возможности проверки всех новых сотрудников на профессиональное и корпоративное соответствие [165].

$M_{1,5(6)}$  – применение системы бенефитов или подключение к ней выводимого за штат строительно-монтажных организаций персонала.

### **Неправильное крепление деталей опалубки ( $X_{1,8}$ )**

Производство работ по установке и закреплению опалубки необходимо вести в соответствии с проектной документацией, с требованиями нормативно-технической документации, в том числе требованиям таблицы 5.11 СП 70.13330.2012, в соответствии с ППР, а также в соответствии с паспортом на опалубочную систему.

Мероприятия, рекомендуемые для уменьшения степени негативного влияния данного фактора на возникновение отклонений, следующие:

$M_{1,8(1)}$  – присутствие представителя строительного надзора от технического заказчика и генподрядчика и контроль производства работ при затягивании креплений опалубки;

$M_{1,8(2)}$  – выполнение геодезической съемки смонтированных щитов и элементов опалубки до начала бетонирования;

$M_{1,8(3)}$  – контроль сопроводительных документов к опалубочной системе и анализ соответствия требованиям проектной документации и ППР;

$M_{1,8(4)}$  – исключение деформируемого основания из зоны опирания опалубочной системы;

$M_{1,8(5)}$  – мониторинг деформаций после укладки бетонной смеси посредством геодезической съемки.

### **Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации ( $X_{1,9}$ )**

При производстве СМР может присутствовать брак, не только при устройстве вертикальных и горизонтальных конструкций, но и при устройстве узлов сопряжений, креплений, закладных деталей, который напрямую влияет на несущую способность и сохранение конструктивной схемы. Для уменьшения

степени возникновения брака необходимо ужесточение операционного контроля за процессом выполнения строительных работ со стороны ИТР.

В рамках действующего законодательства, должностное лицо, осуществляющее контроль имеет несколько обязанностей в рамках своей деятельности. Этим обязанностям множество, но при этом можно выделить самые основные. Одна из них – это выявлять факты несоответствий и отступлений от требований проектной, рабочей и организационно-технологической документации, а также нормативных документов и правовых актов в строительной сфере. Кроме того, также сюда можно выделить проверку на соответствие фактически выполняемых работ, применяемых материалов изделий и оборудования требованиям проектно-сметной документации. Также, устанавливает факт некорректного формирования и оформления производственно-технологической и исполнительной документации на объекте при производстве СМР. Вместе с тем, лицо, осуществляющее контроль, должно выявлять строительные дефекты выполненных конструкций, их элементов и покрытий с определением основных причин ненадлежащего качества СМР, и последующей выдачей предписаний, в соответствующем журнале, с требованиями об устранении недостатков. Для подтверждения качества выполненных строительных процессов и работ, лицо, осуществляющее контроль обязано требовать проведения всех необходимых лабораторных испытаний и геодезических измерений, предусмотренных ПСД и нормативно-технической документацией, с дальнейшим ознакомлением с результатами испытаний и измерений в виде протоколов, заключений, актов и геодезических схем. При необходимости привлекать технические средства и специалистов подрядных организаций (по согласованию с их руководителями) для проведения испытаний, контрольных замеров и измерений, вскрытий и подобных работ, а также специалистов авторского надзора для расчетной оценки дефектных конструкций и выдачи рекомендаций по возможному их усилению [44].

Рекомендуется проведение следующих мероприятий:

$M_{1,9(1)}$  – усиление строительного контроля со стороны заказчика, технического заказчика и генподрядчика путем непосредственного контролирования процесса выполнения работ по устройству закладных деталей;

$M_{1,9(2)}$  – работа по «чек-листам», в которых отображены основные процессы устройства закладных деталей, требования к материалам и требования к приемочному контролю, а также основные характеристики согласно проектной документации;

$M_{1,9(3)}$  – оперативная проверка сопроводительных документов, подтверждающих качество применяемых материалов: паспорта качества, сертификаты качества, сертификаты соответствия, декларации о соответствии;

$M_{1,9(4)}$  – лабораторный контроль стыковых сварочных или болтовых соединений.

#### **Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям ( $X_{1,10}$ )**

К несоответствию размеров установки арматурных стержней проектным значениям могут привести следующие дефекты: несоответствие соединений арматурных стержней между собой с НТД; арматура и сортамент металлического проката не соответствует проектным значениям и нормативным требованиям вследствие несогласованной замены по характеристикам; нарушение формы опалубки, которая приводит к смещению арматурных стержней; производство работ с нарушением требований п. 5.16 и таблицы 5.10 [143]; отсутствие в проектной документации подробной проработки узлов сопряжения армирования и самого армирования всех конструктивных элементов [1, 3, 4].

Рекомендуется проведение следующих мероприятий:

$M_{1,10(1)}$  – повышение строительного контроля за процессом арматурных работ со стороны подрядчика или генерального подрядчика в лице ответственного за производство работ (прораба);

$M_{1,10(2)}$  – обеспечение дублирующего контроля за креплением арматурных стержней и размерами арматурных стержней, а также шага армирования со стороны генерального подрядчика и технического заказчика;



$M_{I,10(3)}$  – контроль сопроводительной документации, подтверждающей качество применяемых материалов, и анализ соответствия требованиям проектной и нормативной документации;

$M_{I,10(4)}$  – запрет на использование несертифицированных материалов, а также материалов с отсутствием документов, подтверждающих качество;

$M_{I,10(5)}$  – осуществление контроля расположения арматурных стержней по «чек-листам» согласно таблице 5.10 [143];

$M_{I,10(6)}$  – применений недеформируемой опалубки или закрепление опалубочных листов, исключая деформации и потерю устойчивости опалубочной системы;

$M_{I,10(7)}$  – взаимодействие с проектной организацией, согласование выдачи листов с подробной проработкой армирования необходимых узлов и конструкций, отсутствующих в проектной документации.

**Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание ( $X_{I,14}$ )**

**Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки ( $X_{I,15}$ )**

Появление значительных деформаций в момент укладки бетонной смеси в железобетонных конструкциях, которые приводят к неправильной форме, что является нарушением геометрических характеристик конструкций и несоответствием проектным значениям, происходит при установке опалубочной системы на нежесткое основание. В данных элементах возникают деформации в виде прогибов конструкций, а также потеря устойчивости вертикальных элементов опалубочной системы. За счет изменения формы опалубочной системы могут возникнуть деформации, вследствие чего может произойти смещение арматурных каркасов и сеток, влияющие на несущую способность и устойчивость вертикальных элементов [65].

Установка неплотной опалубки способствует появлению щелей и вытеканию бетонной смеси, в связи с чем возникают раковины и каверны на поверхности бетона. Данные дефекты могут возникнуть и при недостаточном уплотнении бетонной смеси во время укладки в конструкцию опалубки. Как

результат – в дефектных конструкциях может быть достаточно снижена несущая способность. Кроме того, в зоне раковин и каверн может возникнуть коррозия арматуры, что приведет к ее скольжению в бетоне [65, 160].

Рекомендуется проведение следующих мероприятий:

$M_{1,15(1)}$  – присутствие представителя строительного надзора от технического заказчика и генподрядчика для контроля опалубочных работ;

$M_{1,15(2)}$  – выполнение геодезической съемки смонтированных щитов и элементов опалубки до начала бетонирования для контроля правильности установки согласно ППР;

$M_{1,15(3)}$  – контроль сопроводительных документов к опалубочной системе и анализ соответствия требованиям проектной документации и ППР;

$M_{1,15(4)}$  – исключение деформируемого основания из зоны опирания опалубочной системы;

$M_{1,15(5)}$  – контроль правильности монтажа опалубочных замков и контроль их затягивания;

$M_{1,15(6)}$  – мониторинг деформаций после укладки бетонной смеси посредством геодезической съемки;

$M_{1,15(7)}$  – устройство дополнительных креплений опалубочных щитов, исключающих деформации и потерю устойчивости всей опалубочной системы.

### 3.6.2. Организационно-управленческие факторы

#### Сжатые сроки ( $X_{3,3}$ )

При строительстве основным аспектом является продолжительность производства СМР, а также сроки сдачи объекта в эксплуатацию, если рассматривать строительный объект – как инвестиционный проект. Продолжительность строительства, а также сроки сдачи объекта в эксплуатацию могут быть сорваны в связи с влиянием множества различных факторов. Стараясь выполнить все работы, согласно графику производства работ, подрядчики часто делают акцент на ускорении работ, при этом качество выполняемых работ снижается. Как показывает практика, подрядчики могут начать выполнять

последующие виды работ до завершения полноценной приемки строительным контролем предыдущих работ. Подрядчик может привлекать, для ускорения производства работ, дополнительные трудовые ресурсы, при этом квалификация данного персонала может быть не достаточна для обеспечения высокого качества. Немаловажным аспектом являются смежные работы – зачастую подрядчикам или субподрядчикам необходимо ожидать завершения какого-либо этапа смежных работ иных субподрядчиков, т.к. они не могут начать выполнять последующие виды работ, что напрямую влияет на продолжительность СМР.

Основные мероприятия, направленные на уменьшение степени влияния данного рассматриваемого фактора:

$M_{3,3(1)}$  – усиление контроля со стороны лица, осуществляющего строительство за продолжительностью производства смежных СМР различных субподрядных организаций задействованных на объекте;

$M_{3,3(2)}$  – своевременное открытие фронта работ субподрядным организациям

#### **Халатность строительного персонала ( $X_{3,4}$ )**

Если рассматривать аспект выполнения процессов возведения монолитных железобетонных конструкций, а также аспект формирования и подготовки исполнительной документации, то в качестве фактора, влияющего на качественную подготовку данной документации и качественное выполнение работ, можно рассмотреть недостаток мотивации подрядных организаций. Это может быть вызвано целым рядом причин: нехваткой персонала; нехваткой времени; нехваткой бюджета; несоблюдением всех обязательств или недооценкой необходимости все работы выполнять строго по нормативно-технической документации, несмотря на требование договора. При недооценке важности формирования исполнительной документации, отражающей качество выполненных конструкций, работа по ее составлению и контролю, как правило, делегируется наименее опытному инженеру, практиканту или младшему сотруднику – технику. Эти люди имеют мало опыта и обычно являются низкооплачиваемым персоналом. Исходя из практики, можно сделать вывод, что у подрядчика мало стимулов для распределения линейной работы по

формированию и контролю документов, которые широко распространяются среди прорабов, мастеров, субподрядчиков, производителей и поставщиков. Кроме того, стоит обратить внимание, что зачастую для экономии денежных средств подрядчики нанимают менее квалифицированный персонал, который может не обладать требуемыми навыками и знаниями. Также немаловажным фактором является недостаток денежных средств. Исходя из вышеизложенного, предлагаются следующие мероприятия:

$M_{3,4(1)}$  – единственный способ, которым руководитель строительных работ может обеспечить надлежащее ведение и обновление исполнительной, отчетной, а также технологической документации, заключается в периодическом пересмотре надбавок подрядчика и, при необходимости, в удержании оплаты за невыполнение в установленный срок определенного этапа или вида работ;

$M_{3,4(2)}$  – обеспечение, в рамках производства СМР, и поддержание оптимальной и постоянной численности персонала за счет организационно-кадровых мероприятий;

$M_{3,4(3)}$  – повышение уровня квалификации, обеспечения опережающего роста производительности труда по сравнению со средней заработной платой;

$M_{3,4(4)}$  – применение прогрессивных систем и форм оплаты труда, улучшение условий труда, механизации и автоматизации производственных процессов;

$M_{3,4(5)}$  – обеспечение мотивации высокопроизводительного труда.

### **3.6.3. Проектно-конструкторские и технологические факторы**

**Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции) ( $X_{4,5}$ )**

В процессе возведения здания или сооружения могут возникнуть ошибки не только при производстве строительного-монтажных работ, но и при разработке проектной и рабочей документации на стадии проектирования. В процессе анализа выявлены основные конструкционные дефекты, которые реализуются при производстве строительного-монтажных работ:

- нерациональный выбор конструктивной схемы и недостаточная детализация конструктивных узлов (ошибки в подборе нагрузок, ошибки в определении условий работы, шага несущих элементов и пр.);
- мало обоснованные сложные архитектурные формы, которые влияют на возможность использования эффективных конструктивных схем;
- несоответствие поэтажных планов в различных разделах комплекта проектной и рабочей документации, что приводит к нарушению фактического расположения необходимых технологических отверстий, проемов, ниш и пр.;
- некорректный выбор методов расчета несущих конструкций и элементов зданий и расчетных моделей (неправильная оценка реальных жесткостей строительных конструкций и узлов их сопряжения, не достаточно полный учет физических и геометрических эксцентриситетов приложения нагрузок) [65].

Как показывает практика, при разработке проекта не учитывается сложность и процесс распалубливания конструкций запроектированных узлов сопряжения, которые в реальных условиях выполнить без дефектов невозможно. В связи с этим в проектах закладываются узлы, распалубливание которых на строительной площадке реализовать без дефектов весьма проблематично. Кроме того, в проекте могут не учитываться температурно-влажностные условия эксплуатации зданий и сооружений [65].

Основные мероприятия, направленные на уменьшение степени влияния данного фактора на возникновение отклонений, следующие:

$M_{4,5(1)}$  – оперативное и систематическое взаимодействие с проектной организацией по выявленным отклонениям;

$M_{4,5(2)}$  – оценка влияния выявленных отклонений, поверочные расчеты;

$M_{4,5(3)}$  – обмерные работы выполненных или существующих конструкций при реконструкции и капитальном ремонте;

$M_{4,5(4)}$  – предусматривать в конструктивных решениях элементов и узлов возможность компенсации несовпадения размеров существующих и новых конструкций.

### Выводы по Главе 3

В ходе анализа научно-технической литературы, а также практического опыта работы в данной сфере были выявлены 49 различных факторов, которые были сгруппированы в соответствующие группы с различной степенью влияния на возникновение отклонений в конструкциях, в том числе значений отклонений, выходящих за пределы нормативных допусков.

Степени влияния каждого фактора были определены методом экспертных оценок. По результатам анализа полученных данных экспертного опроса были выявлены 12 наиболее влияющих факторов на возникновение отклонений из 49. Исходя из наиболее влияющего фактора (сумма рангов – 222) «уровень шума» принимается в интервале до 68 %, что позволяет вычлнить 12 наиболее влияющих факторов. Данные 12 факторов и значения отклонений, которые указывали эксперты легли в основу следующей многофакторной регрессионной модели:

$$y = \alpha_0 + \sum \alpha_i X_{i,j},$$

где  $\alpha_0$  – коэффициент, оценивающий агрегированное влияние прочих неучтенных факторов;  $\alpha_i$  – коэффициент (вектор) влияния фактора  $X_{i,j}$ ;  $X_{i,j}$  – величина влияния  $i,j$ -го фактора;  $Y$  – отклонение конструкций (в мм.) в зависимости от рассматриваемых факторов  $X_{i,j}$ .

В итоговом виде, с рассчитанными коэффициентами, полученное уравнение множественной регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = -37,807 + 1,8069X_{1,1} + 0,5583X_{1,3} + 1,0426X_{1,4} + 1,6801X_{1,5} + 0,05788X_{1,8} - \\ 1,0775X_{1,9} + 0,9794X_{1,10} + 0,666X_{1,14} + 1,3933X_{1,15} - 0,7955X_{3,3} - 0,6918X_{3,4} - \\ 0,2185X_{4,5}$$

где:  $X_{i,j}$  – величина влияния  $i,j$ -го фактора;  $Y$  – отклонение конструкций (в мм.) в зависимости от рассматриваемых факторов  $X_{i,j}$ .

Выявлены закономерности влияния организационно-технологических факторов строительства на показатели отклонений, в том числе ненормативных, возводимых монолитных железобетонных конструкций. Исследована

технологическая изменчивость параметров, влияющих на возникновение ненормативных допусков, при возведении монолитных строительных конструкций, влияние дефектов работ на безопасность конструкций и эксплуатацию объекта в целом.

Выработана методика по предотвращению ненормативных отклонений в результате определения уравнения множественной регрессии с проверкой его статистической надежности. Установлено, что в исследуемом случае 77,75% общей вариабельности  $Y$  объясняется изменением факторов  $X_{i,j}$ . Это подтверждает, что суммарное влияние выявленных факторов является причиной возникновения больших величин отклонений в конструкциях. За основу данной методики взяты следующие факторы, которые имеют наибольшее влияние на возникновение отклонений по результату метода экспертных оценок:

$X_{1,1}$  – несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам;

$X_{1,3}$  – ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам;

$X_{1,4}$  – наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений;

$X_{1,5}$  – недостаток квалификации строительного персонала;

$X_{1,8}$  – неправильное крепление деталей опалубки;

$X_{1,9}$  – несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технологической документации;

$X_{1,10}$  – несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям;

$X_{1,14}$  – установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание;

$X_{1,15}$  – сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки;

$X_{3,3}$  – сжатые сроки;

$X_{3,4}$  – халатность строительного персонала;

$X_{4,5}$  – неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции).

Разработанную методику по предотвращению возникновения ненормативных отклонений возможно применять при возведении монолитных железобетонных конструкций (колонны, пилоны, стены и иные вертикальные несущие конструкции) на последующих этапах производства работ, в рамках одной захватки, при этом объем захватки и количество конструкций не имеют существенного влияния на предлагаемую методику. Методика имеет практическое и научное применение и состоит из 7 этапов:

1 этап: Изучение и анализ требований к приемке законченных конструкций в нормативно-технической документации;

2 этап: Изучение и анализ сформированной исполнительной документации по уже выполненным конструкциям;

3 этап: Определение наибольших значений отклонений, а также значений, выходящих за пределы нормативных допусков;

4 этап: Установление законов распределения отклонений в соответствии с полученными в ходе диссертационного исследования интегральными функциями распределения значений отклонений;

5 этап: Анализ факторов  $X_{i,j}$ , которые имеют наибольшее влияние на возникновение отклонений;

6 этап: Уменьшение степени влияния факторов посредством применения организационно-технологической корректировки контроля за ведением строительного-монтажных работ;

7 этап: Анализ результатов применения данной методики, ее корректировка при необходимости, для возведения монолитных конструкций на последующих этапах.

Каждый этап разработанной методики имеет свои особенности, в зависимости от прямого воздействия на рассмотренные факторы участников строительства с соответствующими зонами ответственности между ними. Кроме того, на каждом этапе рассмотрено влияние факторов  $X_{i,j}$  и приведены соответствующие мероприятия  $M_{i,j(k)}$  для уменьшения степени влияния факторов на возникновение ненормативных отклонений в монолитных железобетонных



конструкциях. При применении предлагаемых мероприятий в организационно-технологической модели управления параметрами степень воздействия факторов будет уменьшаться, а следовательно, ожидается обеспечение устойчивости нормативных допусков и оптимизация значений отклонений при производстве СМР.

В результате описанной методики рекомендуются следующие наиболее важные положения:

1. Внести в действующие нормативно-технические документы обязательные требования по уровню квалификации рабочего персонала для каждого процесса при устройстве монолитных железобетонных конструкций;

2. Внести обязательные информативные «чек-листы» для контроля подпроцессов производства работ, при этом внести обязательные требования по квалификации заполняющего лица – представителя технического надзора;

3. Проводить постоянный мониторинг квалификации рабочего персонала и предпринимать мероприятия по повышению квалификации сотрудников, не только рабочих, но и инженерно-технического персонала;

4. Ужесточить промежуточный контроль процессов возведения конструкций со стороны технического заказчика и лица, осуществляющего строительный контроль;

5. Обеспечить контроль за должным оформлением исполнительной документации с отображением всех необходимых параметров, которые могут повлиять на анализ выявленных отклонений, а также входной контроль поставляемых материалов с обязательным заполнением журнала входного контроля;

6. Выполнять проверку обоснованности конструкторских решений и осуществлять систематическую коммуникацию с представителями лица, осуществляющего разработку проектной документации в процессе ведения СМР;

7. Ведение постоянного мониторинга отклонений выполненных конструкций, формирование базы данных выявленных отклонений и учет данных отклонений при возведении конструкций на последующих этапах.

## **ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **4.1. Матрица ответственности участников строительства в практическом применении и состав разработанной методики**

При практическом применении предлагаемой методики на строительном объекте необходимо рассмотреть всех участников строительства, которые задействованы при возведении монолитных железобетонных конструкций. Данная система включает в себя взаимодействие следующих участников строительства.

1. *Заказчик или застройщик.* Как правило, при приемке законченных конструкций или их частей на строительной площадке присутствует ответственный представитель заказчика или застройщика. Они могут быть представлены в различных должностях – директор по строительству, руководитель проекта, начальник отдела, главный инженер и пр. Контроль за производством работ со стороны Заказчика ведется операционный или выборочный. Кроме того, проводится мониторинг сроков выполнения работ по ключевым событиям.

2. *Проектная организация и организация, выполняющая авторский надзор.* Организация, выпустившая проект, при наличии договора авторского надзора также осуществляет контроль за исполнением в натуре всех проектных решений. Лицом, осуществляющим авторский надзор, может быть сторонняя организация, которая не разрабатывала проект, действие которой регламентируется соответствующим договором на осуществление авторского надзора. Как правило, авторский надзор обязан присутствовать при приемке законченных конструкций, в связи с этим не требуется постоянного присутствия на строительной площадке. В качестве представителя выступают главные инженеры проекта, руководители проекта, зарегистрированные в национальном реестре специалистов.

3. *Технический заказчик.* Технический заказчик участвует в приемке выполненных конструкций, также ведет контроль за процессами и качеством возведения конструкций путем непосредственного осмотра предъявляемых к приемке результатов выполненных работ. Также ведет контроль оформления исполнительной документации, журнала учета выполненных работ, иных актов промежуточной и итоговой приемки. Некоторые договоры на технического заказчика могут включать в себя функции строительного контроля, рассмотренного пунктом ниже. Как правило, в качестве лица, осуществляющего строительный контроль в рамках технического заказчика, выступают инженеры строительного контроля, начальники отдела строительного контроля, руководители проекта, зарегистрированные в том числе в НРС.

4. *Лицо, осуществляющее строительный контроль на основании договора строительного контроля с Заказчиком.* Лицо, осуществляющее строительный контроль, включает в себя проведение следующих основных мероприятий:

- контроль выполнения подрядчиком входного контроля строительных материалов, изделий и оборудования, контроль соблюдения подрядчиком требований НТД по складированию и хранению применяемой продукции;

- контроль качества выполненных подрядчиком работ на соответствие проектно-сметной, организационно-технологической документации, а также нормативным документам, договорам и правовым актам;

- контроль сроков выполнения подрядчиком СМР и соблюдения требований формирования отчетной технической (в т. ч. исполнительной) документации;

- освидетельствование в составе комиссии актов освидетельствования скрытых работ, ответственных конструкций и иных актов промежуточной и итоговой приемки выполненных работ; проверка соответствия используемых материалов проектно-сметной документации, а также наличия необходимой сопроводительной документации;

- проверка результатов экспертиз, лабораторных и иных испытаний, проведенных в процессе СМР.

Как правило, в качестве лица, осуществляющего строительный контроль, выступают инженеры строительного контроля, начальники отдела строительного контроля, руководители проекта, зарегистрированные в том числе в национальном реестре специалистов.

*5. Генеральный подрядчик.* Лицо, осуществляющее надзор за ведением строительного-монтажных работ. Также выбирает субподрядчиков и заключает с ними договоры, координирует работы всех субподрядчиков, передает всю необходимую проектно-сметную документацию, осуществляет контроль и надзор за соответствием объемов, стоимости и качества выполняемых работ, в том числе выполняемых субподрядчиком. Представители от генподрядчика выступают в нескольких должностях: инженеры строительного надзора, главные инженеры проекта, руководители проекта и прочие, зарегистрированные в том числе в национальном реестре специалистов.

*6. Подрядчик и субподрядчик.* Организация, выполняющая строительные-монтажные работы на основе договора подряда. Ответственные лица при промежуточной приемке и итоговой приемке строительных конструкций выступают, как правило, в качестве начальников участков, прорабов, мастеров, инженеров, инженеров ПТО, руководителей проектов. Подрядчик обязан выполнять СМР с должным качеством, в соответствии со всеми требованиями нормативно-технической документации и проектом в установленные сроки.

*7. Поставщик строительных материалов, оборудования и изделий.* Организация, поставляющая на строительную площадку оборудование, материалы и изделия согласно требованиям нормативных документов, в том числе ГОСТ. Каждая партия поставляемых материалов должна сопровождаться соответствующими документами: паспортами качества, сертификатами качества, сертификатами соответствия, декларациями о соответствии, экспертными и техническими заключениями и пр.

Участники строительства, а также факторы, на которые они воздействуют напрямую, посредством разработанной методики и приведенных соответствующих мероприятий взаимосвязаны.

Таблица 4.1 – Взаимодействие факторов и участников строительства

№ п/п	Участники строительства	Факторы, на которые воздействуют напрямую
1	Заказчик/застройщик	$X_{3,3} X_{3,4}$
2	Авторский надзор	$X_{1,4} X_{1,9} X_{1,10} X_{4,5}$
3	Технический заказчик	$X_{1,1} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,9} X_{1,14}$
4	Строительный контроль	$X_{1,1} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15}$
5	Генподрядчик	$X_{1,1} X_{1,3} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15} X_{3,3} X_{3,4}$
6	Подрядчик	$X_{1,1} X_{1,3} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{3,4}$
7	Поставщик	$X_{1,1}$

Взаимоувязка представлена в виде матрицы ответственности участников строительства (Рисунок 4.1).

Участники строительства	Факторы на которые воздействуют напрямую	Усиление промежуточного и операционного контроля	Ужесточение входного контроля	Учет отклонений нижележащих конструкций	Мониторинг и повышение квалификации строительного персонала	Повышение взаимодействия с проектировщиками	Организация строительства (мотивация, сроки)
Заказчик / Застройщик	$X_{3,3} X_{3,4}$	-	-	-	-	+	+
Проектная организация / Авторский надзор	$X_{1,4} X_{1,9} X_{1,10} X_{4,5}$	-	-	+	-	+	-
Технический заказчик	$X_{1,1} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,9} X_{1,14}$	+	+	+	+	+	+
Строительный контроль на основании договора с Заказчиком	$X_{1,1} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15}$	+	-	+	-	-	-
Генподрядчик	$X_{1,1} X_{1,3} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15} X_{3,3} X_{3,4}$	+	+	+	+	+	+
Подрядчик	$X_{1,1} X_{1,3} X_{1,4} X_{1,5} X_{1,8} X_{1,9} X_{1,10} X_{3,4}$	+	+	+	+	-	-
Поставщик	$X_{1,1}$	-	+	-	-	-	-

Рисунок 4.1 – Матрица ответственности и состав разработанной методики

На представленном рисунке рассмотрены участники строительства и указаны факторы  $X_{i,j}$ , на которые данные участники воздействуют напрямую. Значение «+», указанное на Рисунке 4.1, означает, что мероприятия, описанные в каждом столбце, входят в зону ответственности, а следовательно, применимы соответствующим участником строительства. Значение «-» указывает на обратное.

## 4.2. Процедура внедрения предлагаемой методики и выбор экспериментального объекта

Процедура внедрения разработанной методики выполнена в несколько этапов:

- 1 этап: Выбор экспериментального объекта;
- 2 этап: Оценка качества уже выполненных конструкций и визуальное обследование монолитных конструкций для предварительного анализа;
- 3 этап: Анализ проектной документации, а также анализ требований к приемке выполненных конструкций, указанных в НТД;
- 4 этап: Геодезическая съемка, формирование исполнительных геодезических схем подрядчиком;
- 5 этап: Анализ исполнительной документации (полнота комплекта, соответствие оформления исполнительных схем по ГОСТ);
- 6 этап: Анализ значений отклонений конструкций, приведенных в исполнительных схемах, фиксирование отклонений, значения которых находятся на границе допусков или за их пределами;
- 7 этап: Формирование реестра ненормативных отклонений;
- 8 этап: Сопоставление конструкций, требований к ним и величины отклонений с теоретическим распределением, которое задается интегральной функцией, приведенной в предыдущих главах;
- 9 этап: Выявление  $X_{ij}$ -факторов, имеющих наибольшее влияние;
- 10 этап: Применение разработанной методики по предотвращению ненормативных отклонений для устройства монолитных конструкций на последующих этапах производства работ;
- 11 этап: Изучение исполнительной документации на последующие возведенные конструкции, к которым была применена разработанная методика;
- 12 этап: Корректировка методики или анализ результатов внедрения.

Внедрение выполнялось в период производства монолитных работ на объекте с 2020 по 2021 гг.

### 4.3. Описание объекта внедрения

В качестве объекта внедрения был выбран объект «Реставрация и приспособление жилого дома (объекта культурного наследия) с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Вознесенский пер., вл. 11, стр. 3».

Подрядная организация, выполняющая строительные работы, – ООО «Монолит».

Организация, осуществляющая консультативную (инжиниринговую) деятельность при формировании подрядчиком исполнительной документации и при получении ЗОС, – ООО «НИИ ПТЭС».

На данном объекте выполнялось устройство монолитного фундамента, устройство монолитных колонн и пилонов вдоль существующих наружных стен, устройство монолитных стен лифтовых узлов, устройство монолитных перекрытий. Проектом предусмотрены реставрация (с учетом соответствующих ограничений по сохранению культурного наследия) и приспособление строения под жилое здание премиум-класса проживания с помещениями обслуживания только жильцов дома, с помещениями общего пользования на первом этаже и многоярусной механизированной автостоянкой в уровне подвала и первого этажа.

Здание имеет 2 подъезда, в общей сумме 10 квартир и апартаменты в количестве 2. Подземная часть состоит из одного этажа – подвального, где размещено основное инженерное оборудование. Наземная часть состоит из четырех этажей и мансардного этажа.

Здание имеет в плане размеры: 35,195 x 16,315 м.

Самая высокая отметка (конька): +18.000 м.

Площадь застройки – 556 м<sup>2</sup>.

Фундамент – монолитная железобетонная плита толщиной 350 мм с местным увеличением толщины до 650 мм.

Стены – из монолитного железобетона (бетон В25) толщиной 200 мм.

Колонны – из монолитного железобетона (бетон В25) сечением 600 x 600 мм.

Пилоны встроены в существующие кирпичные стены, из монолитного железобетона (бетон В25) сечением 400 х 320 мм.

Перекрытия из монолитного железобетона (бетон В25) – сплошная плита толщиной 250 мм.



Рисунок 4.2 – Фасад 6-1

#### 4.4. Внедрение методики по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций

На данном объекте строительства осуществлялся мониторинг процесса возведения монолитных несущих конструкций, а также мониторинг отклонений конструктивных элементов на различных этапах производства работ посредством проверочной геодезической съемки. В процессе приемки выполненных монолитных конструкций и анализа исполнительной документации на начальных этапах были выявлены отклонения конструкций, значения которых находятся на границе предельных допусков и имеют незначительное смещение за границу



предельных допусков. Фрагмент геодезической съемки 1-го этажа представлен на Рисунке 4.3.

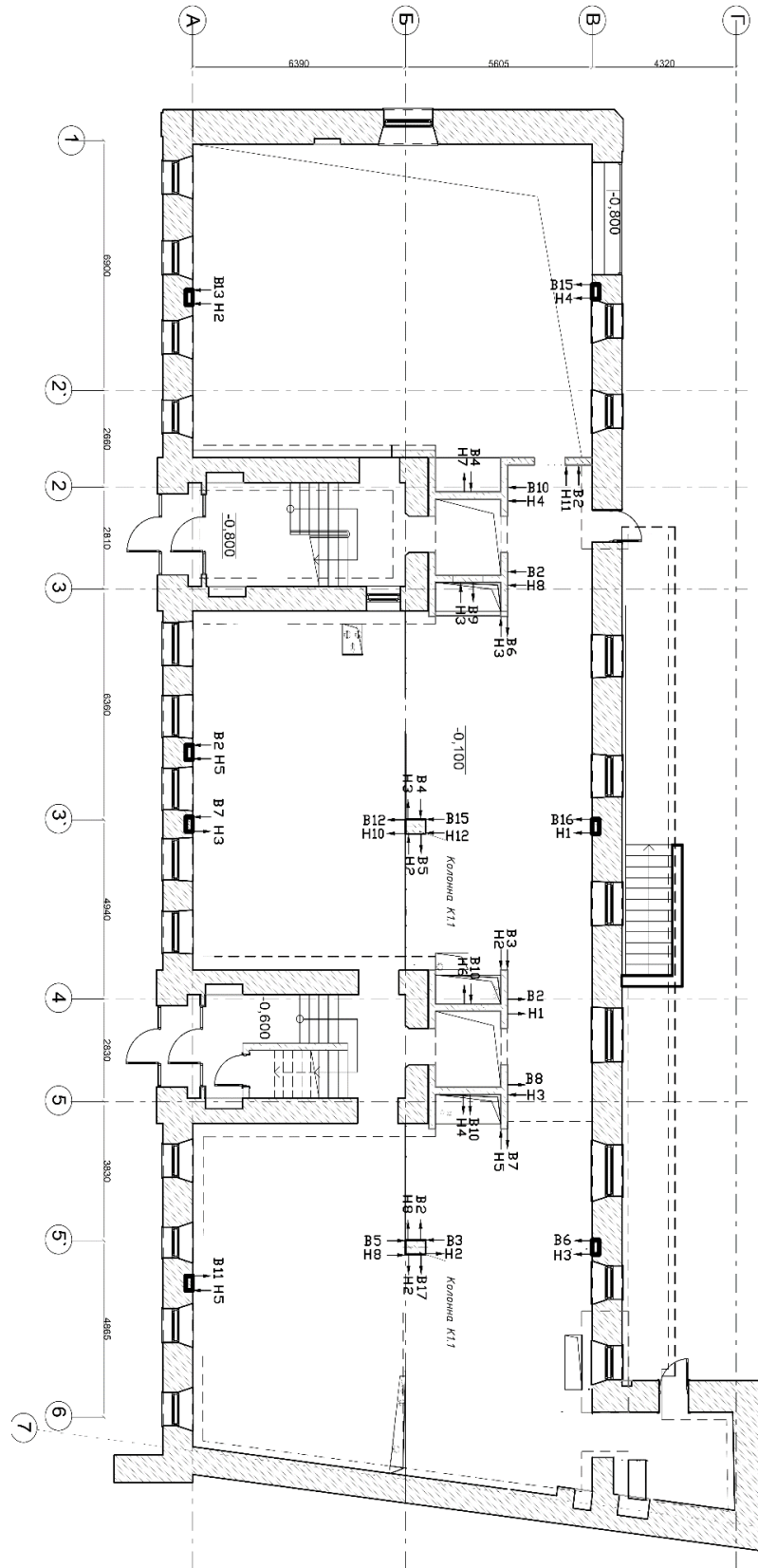


Рисунок 4.3 – Фрагмент геодезической съемки 1-го этажа с отклонениями, в мм

Согласно значениям отклонений, отображаемых на исполнительной геодезической схеме устройства монолитных вертикальных железобетонных конструкций, на 1-м этаже зафиксировано «опасное» смещение значений отклонений. «Опасное» смещение значений отклонений – введенное автором условное обозначение значений отклонений, которые находятся на границе предельно допустимой нормативной величины, а также выходят за их пределы.

Выявлены следующие характеристики:

- соотношение значений отклонений верха конструкций в пределах нормативных допусков составляет 69 %;
- соотношение отклонений «опасного» смещения значений верха конструкций составляет 31 %;
- соотношение значений отклонений низа конструкций в пределах нормативных допусков составляет 100 %;
- соотношение значений отклонений вертикальности (разницы верха и низа) в пределах допусков – 71 %, соотношение «опасного» смещения значений – 29 %;
- общее среднее соотношение значений в пределах допусков – 80 %, соотношение «опасного» смещения значений – 20 % (Рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Среднее соотношение значений отклонений 1-го этажа, в процентах

При устройстве конструкций на последующих этапах производства работ значения отклонений, отображаемые на исполнительной схеме устройства монолитных вертикальных железобетонных конструкций, на 2-м этаже также зафиксировано «опасное» смещение значений отклонений (Рисунок 4.5).

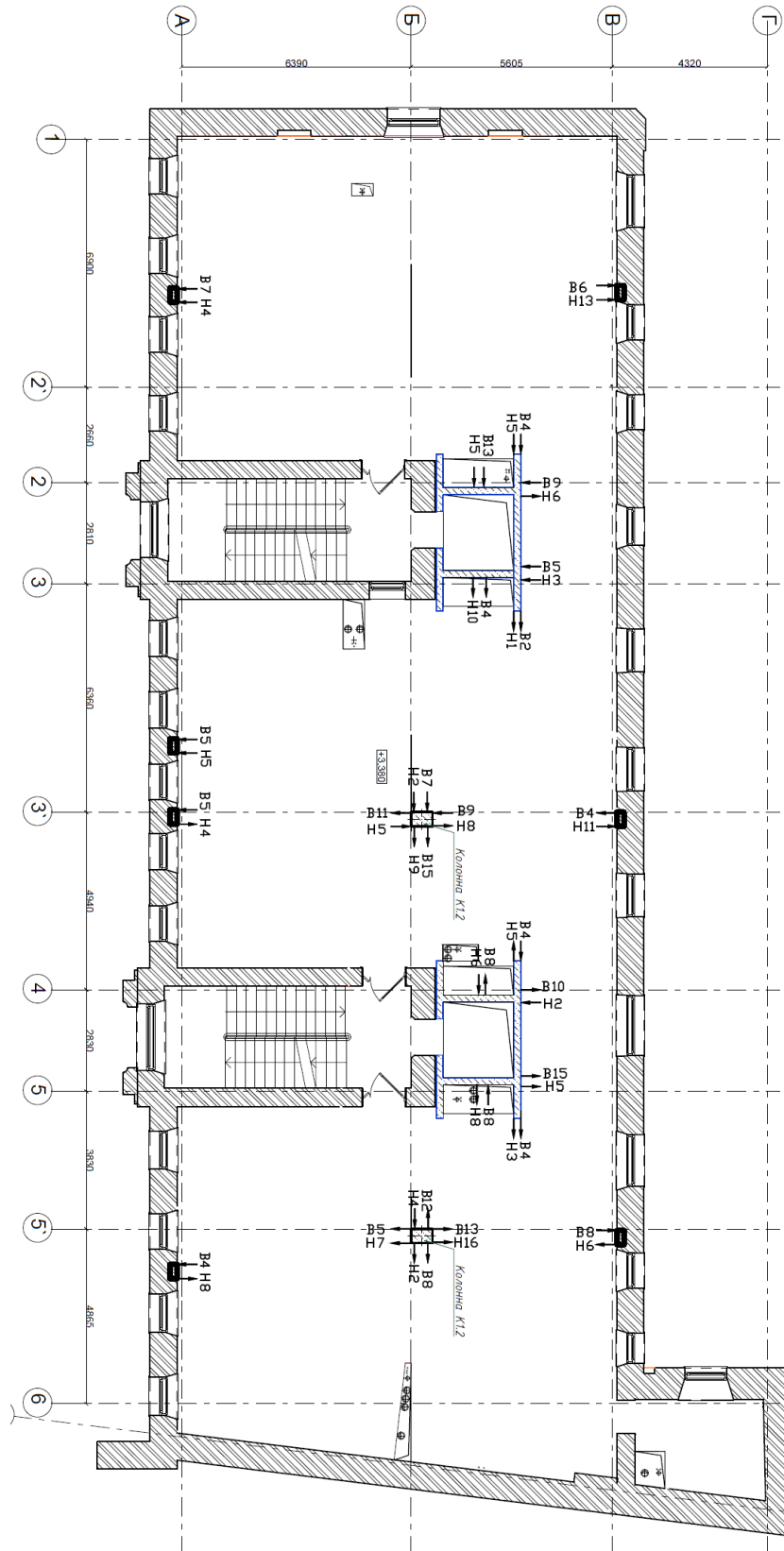


Рисунок 4.5 – Фрагмент геодезической съемки 2-го этажа с отклонениями, в мм

Выявлены следующие характеристики:

– соотношение значений отклонений верха конструкций в пределах нормативных допусков составляет 72 %;

- соотношение отклонений «опасного» смещения значений верха конструкций составляет 28 %;
- соотношение значений отклонений низа конструкций в пределах нормативных допусков составляет 90 %;
- соотношение отклонений «опасного» смещения значений низа конструкций составляет 10 %;
- соотношение значений отклонений вертикальности (разницы верха и низа) в пределах допусков – 58 %, соотношение «опасного» смещения значений – 42 %;
- общее среднее соотношение значений в пределах допусков – 74 %, соотношение «опасного» смещения значений – 26 % (Рисунок 4.6).

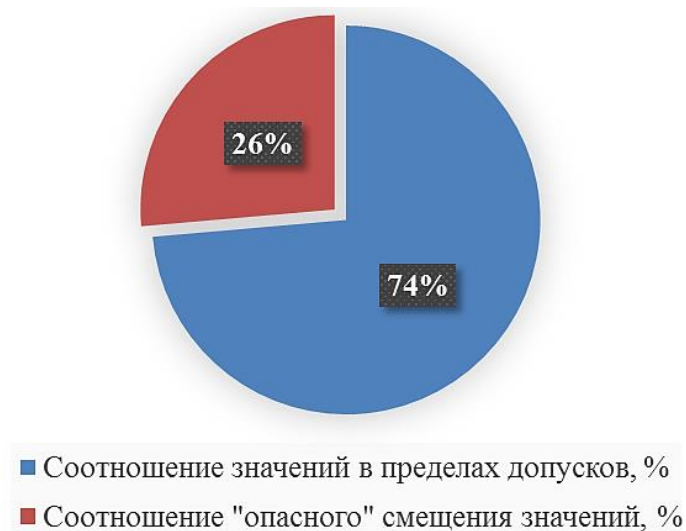


Рисунок 4.6 – Среднее соотношение значений отклонений 2-го этажа, в процентах

Согласно этапам проведения внедрения, а также разработанной методике по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций (Рисунок 3.3, Таблица 3.6), были определены соответствия исследуемых конструкций теоретическим неоднородным распределениям и интегральным функциям. Оперативно проведен анализ факторов  $X_{ij}$  и определено их влияние на возникновение зафиксированных отклонений.

В ходе применения на данном объекте соответствующих мероприятий было уменьшено влияние следующих основных факторов:

- Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам ( $X_{1,1}$ );
- Недостаток квалификации строительного персонала ( $X_{1,5}$ );
- Неправильное крепление деталей опалубки ( $X_{1,8}$ );
- Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации ( $X_{1,9}$ ).

Внедрены следующие мероприятия при устройстве последующих конструкций, которые позволили уменьшить негативное воздействие рассмотренных факторов:

1. Усиление строительного контроля со стороны заказчика, технического заказчика и генподрядчика путем непосредственного контролирования процесса выполнения работ по устройству закладных деталей;
2. Работа по «чек-листам», в которых отображены основные процессы устройства закладных деталей, требования к материалам и требования к приемочному контролю, а также основные характеристики согласно проектной документации;
3. Оперативная проверка сопроводительных документов, подтверждающих качество применяемых материалов: паспорта качества, сертификаты качества, сертификаты соответствия, декларации о соответствии;
4. Лабораторный контроль стыковых сварочных или болтовых соединений;
5. Выполнение геодезической съемки смонтированных щитов и элементов опалубки до начала бетонирования;
6. Исключение деформируемого основания из зоны опирания опалубочной системы;
7. Мониторинг деформаций после укладки бетонной смеси посредством геодезической съемки;
8. Ужесточение требований для представителя технического заказчика или представителя строительного контроля по операционному входному контролю поставляемых на строительную площадку материалов;

9. Не использовать несертифицированную продукцию без паспортов качества, в том числе б/у материалы с других объектов;

10. Отбраковывать материалы или партии материалов без наличия документов, подтверждающих качество от производителя, оформленных в соответствии с НТД;

11. Разработать систему взыскания с подрядчика денежных средств за использование материалов без документов, подтверждающих качество, а также за отсутствие соответствующей записи в журнале входного контроля;

12. Подключение представителя третьей стороны инжиниринговой компании для осуществления консультационной деятельности и контроля качества процессов производства работ по возведению монолитных конструкций [69].

Осуществление данных мероприятий в совокупности с рассмотренными факторами в рамках разработанной методики позволило привести значения отклонений при приемке последующих конструкций к минимуму (Рисунок 4.7).

Итоговая полноценная оценка применяемой методики осуществлена при приемке несущих монолитных вертикальных ответственных конструкций на 5-м этаже. В период мониторинга объекта, с момента возведения несущих монолитных конструкций на 1-м этаже до возведения конструкций на 5-м этаже, выполнялся анализ фактических значений отклонений, анализ факторов, влияющих на возникновение отклонений, анализ возможностей и мощности организации, выполняющей строительные-монтажные работы, а также поэтапно внедрялись мероприятия для уменьшения степени влияния факторов. Параллельно велось возведение несущих монолитных конструкций на 3-м и 4-м этажах. Так как мероприятия внедрялись в организационно-технологическую структуру организаций и строительства объекта не сразу, а последовательно, то при итоговой оценке значения отклонений на 3-м и 4-м этажах учитывались, но не отображались в настоящей научно-квалификационной работе – как промежуточная стадия.

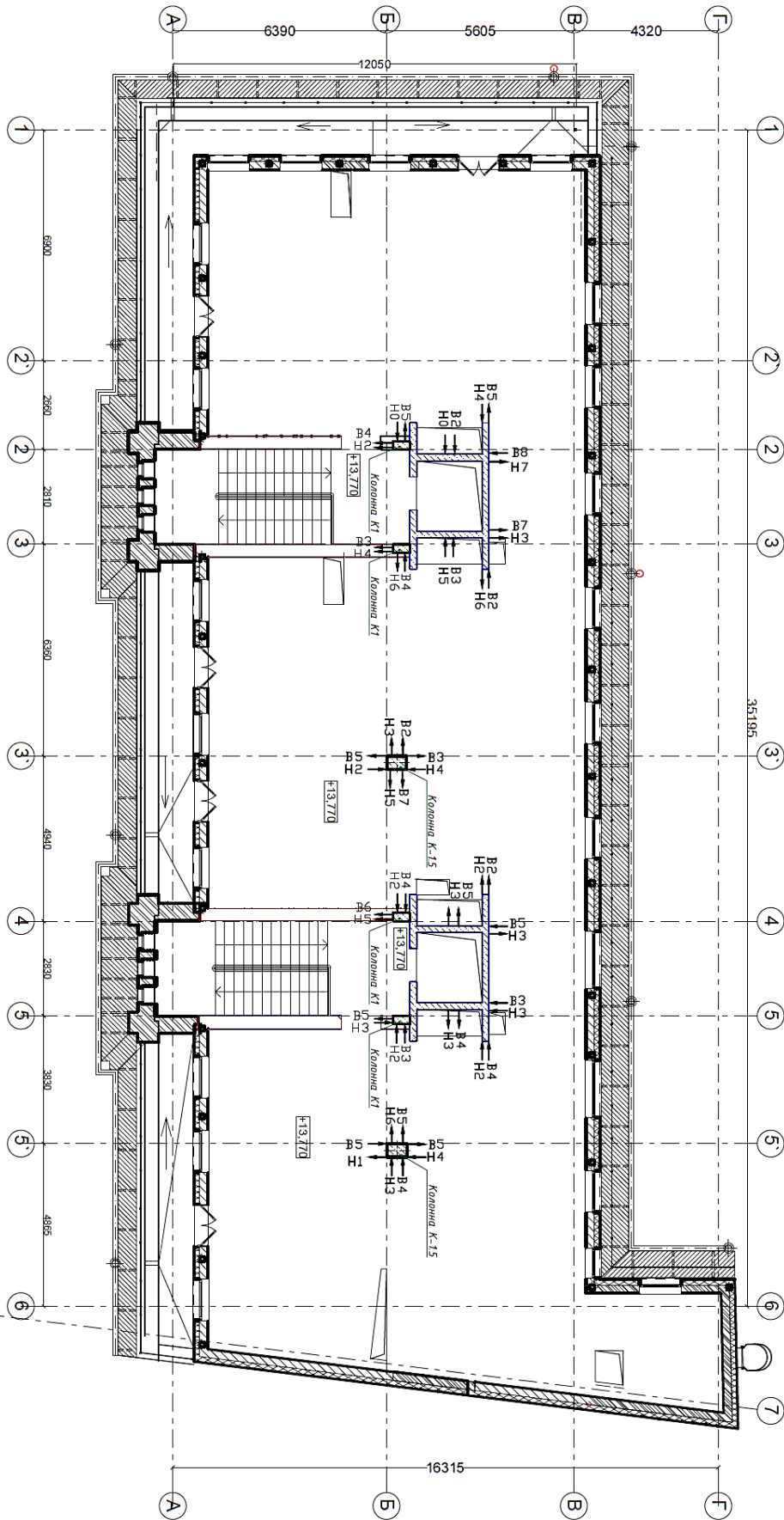


Рисунок 4.7 – Фрагмент геодезической съемки 5-го этажа с отклонениями

Выявлены следующие характеристики:

- соотношение значений отклонений верха конструкций в пределах нормативных допусков составляет 100 %;
- соотношение значений отклонений низа конструкций в пределах нормативных допусков составляет 100 %;
- соотношение значений отклонений вертикальности (разницы верха и низа) в пределах допусков – 80 %, соотношение «опасного» смещения значений – 20 %;
- общее среднее соотношение значений в пределах допусков – 93 %, соотношение «опасного» смещения значений – 7 % (Рисунок 4.8, Таблица 4.1).



Рисунок 4.8 – Среднее соотношение значений отклонений 5-го этажа, в процентах

По результатам внедрения методики сформирована Таблица 4.2 с наглядным представлением всех числовых характеристик. Стоит обратить внимание, что пилоны на данном рассматриваемом объекте возводились до 2-го этажа, а следовательно, отклонения пилонов на 5-м этаже не учитывались.



Таблица 4.2 – Зафиксированные значения отклонений конструкций в процессе внедрения на объекте строительства и их удельное соотношение

№ п/п	Этажи	Характеристика Вид конструкций	Зафиксированные значения отклонений в монолитных железобетонных конструкциях, мм												Соотношение значений отклонений																
			Пилоны						Стены						Соотношение значений в пределах допусков, %	Соотношение "опасного" смещения значений, %															
1	1	Точки измерения	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	69	31								
			15	16	6	13	2	7	11	12	-4	15	5	-3	5	17	2	2	10	-4	2			6	9	3	2	-10	8	7	10
			4	1	3	2	5	-3	-5	10	3	12	-2	2	8	2	8	11	4	7	8			-3	-3	2	1	6	-3	-5	4
2	1	Верх конструкции	6	4	-8	-4	-5	5	7	7	15	-9	11	12	8	13	5	4	-9	15	5	4	2	-4	10	9	15	4	-8	72	28
			13	-11	6	8	4	5	4	2	9	8	-5	-4	2	16	7	5	6	5	3	10	1	5	-2	-6	5	3	10		
			8	-7	15	-14	-12	-9	0	3	5	6	-17	16	6	-3	-2	-1	-15	10	2	-6	1	-9	12	15	10	1	-18		
3	2	Низ конструкции	15								17		16					15											18	58	42
			Опасное смещение значений																												
			Среднее соотношение																												
4	1	Верх конструкции	Опасное смещение значений																								80	20			
			Среднее соотношение																												
			Верх конструкции																												
5	2	Низ конструкции	Низ конструкции																								90	10			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												
6	1	Верх конструкции	Опасное смещение значений																								74	26			
			Среднее соотношение																												
			Верх конструкции																												
7	2	Низ конструкции	Низ конструкции																								100	0			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												
8	5	Верх конструкции	Верх конструкции																								100	0			
			Низ конструкции																												
			Разница отклонений - вертикальность																												
9	5	Низ конструкции	Низ конструкции																								80	20			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												
10	5	Верх конструкции	Верх конструкции																								93	7			
			Низ конструкции																												
			Разница отклонений - вертикальность																												
11	5	Низ конструкции	Низ конструкции																								80	20			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												
12	5	Верх конструкции	Верх конструкции																								93	7			
			Низ конструкции																												
			Разница отклонений - вертикальность																												
13	5	Низ конструкции	Низ конструкции																								80	20			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												
14	5	Верх конструкции	Верх конструкции																								93	7			
			Низ конструкции																												
			Разница отклонений - вертикальность																												
15	5	Низ конструкции	Низ конструкции																								80	20			
			Разница отклонений - вертикальность																												
			Опасное смещение значений																												

#### **4.5. Иные результаты внедрения основных положений, рассматриваемых в диссертационном исследовании**

В рамках осуществления своей профессиональной и научной деятельности автор диссертационного исследования в период с сентября по декабрь 2021 г. принимал участие в разработке проекта государственного стандарта «ГОСТ Р. Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде», который направлен на реализацию требований Градостроительного кодекса Российской Федерации, Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ. Деятельность по разработке и соавторству ГОСТ велась в рамках научной группы организации ООО «НИИ ПТЭС», в которую входит Куренков Олег Геннадьевич.

Целью разработки настоящего стандарта является установление требований к процессам формирования и ведения исполнительной документации в электронном виде на строительной площадке в процессе производства строительно-монтажных работ, реализация которых обеспечит сокращение документооборота на бумажных носителях и уменьшение трудозатрат, необходимых для формирования и ведения исполнительной документации при строительстве объектов капитального строительства. Также данный стандарт способствует уменьшению трудозатрат на подготовку специалистов для ведения документооборота посредством внедрения процессов цифровизации в деятельность по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства. В соответствии с приказом Росстандарта № 337-ст от 19.05.2022, рассматриваемый стандарт будет введен в действие 01.01.2023 как ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде».

Согласно приложению 4, подтверждается факт внедрения основных положений диссертационного исследования Куренкова Олега Геннадьевича, представляемого на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 2.1.7 – «Технология и организация строительства», при разработке указанного государственного стандарта.

Рассмотренная методика по предотвращению ненормативных отклонений, помимо несущих монолитных железобетонных конструкций, может быть применена и при устройстве металлических конструкций, деревянных конструкций, при монтаже элементов сборного домостроения, устройстве перегородок и ограждающих конструкций зданий и сооружений. В зависимости от вида конструкций и требований по приемке выполненных работ, необходимо рассматривать частный набор факторов, которые могут повлиять на возникновение отклонений и дефектов, что впоследствии приводит к строительному браку. Кроме того, в зависимости от предельно допустимых значений отклонений, у каждой конструкции будет частное соотношение значений фактических отклонений к предельно допустимым. При этом алгоритм применения методики, а также сам процесс выработки мероприятий возможно выполнить в соответствии с данным диссертационным исследованием.

## Выводы по Главе 4

Выработана матрица ответственности участников строительства при применении разработанной методики и определены факторы, на которые данные участники имеют наибольшее прямое воздействие. Разработанные мероприятия и методика в целом включают в себя следующих основных участников строительства: заказчик, застройщик, проектная организация (в том числе авторский надзор), технический заказчик, сторонняя организация, осуществляющая строительный контроль на основании договора с заказчиком/застройщиком, генподрядчик, подрядчик, субподрядчик.

Результаты научно-исследовательской деятельности, а именно разработанная методика по предотвращению возникновения ненормативных отклонений на последующих этапах устройства монолитных конструкций, применены на практике при устройстве монолитных железобетонных несущих конструкций объекта строительства «Реставрация и приспособление жилого дома (объекта культурного наследия) с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Вознесенский пер., вл. 11, стр. 3».

Рассчитан эффект при внедрении результатов исследования в деятельность подразделений строительно-монтажной организации, понижающий возникновение ненормативных значений отклонений и значений, находящихся на границе допусков.

При производстве СМР на объекте в организационно-технологическую структуру, в рамках внедряемой методики, внедрены мероприятия  $M_{ij(k)}$ , которые относятся к 4 факторам, имеющим наибольшее влияние:  $X_{11}$ ,  $X_{15}$ ,  $X_{18}$ ,  $X_{19}$  – факторы, которыми оперативно может управлять организация, учитывая ее возможности и мощность. Внедряемая разработанная методика позволила уменьшить величину отклонений конструкций, выполненных на последующем этапе производства работ. Соотношение значений отклонений в пределах нормативных допусков к величинам «опасного» смещения до применения методики составило порядка 74–80 % на 20–26 % соответственно для 1-го и 2-го

этажей. После внедрения предлагаемой методики соотношение значений в пределах нормативных допусков составило 93 % и 7 % – отклонения, величина которых находится на границе. В результате степень отклонений «опасного» смещения снизилась на 16 % в рамках одного этажа. Установлено, что при уменьшении влияния рассматриваемых факторов происходит устранение негативного воздействия на процесс возведения монолитных железобетонных конструкций, что приводит к уменьшению значений фактических отклонений от проектных величин.

Опробованы предложенные мероприятия в рамках разработанной методики и изучены факторы, с учетом особенностей взаимодействия между всеми участниками строительства. Внедрение показало, что при возникновении больших величин отклонений можно управлять параметрами, которые минимизируют большие величины отклонений последующих конструкций. Это приведет к сохранению расчетной схемы зданий согласно проекту, к увеличению качества строительства (если рассматривать как систему взаимодействия множества факторов и параметров), и к увеличению степени безопасности при эксплуатации объекта.

Результаты диссертационного исследования показали, что величину возникновения значения отклонений можно оценивать и выполнять нивелирование путем воздействия мероприятий на наиболее влияющие факторы, в процессе СМР. Это позволяет оптимизировать процесс производства СМР, в части качества строительства, и уменьшать величину отклонений, возникающих в конструкциях – как процесс их упреждения. Тем самым оптимизация значений отклонений позволяет увеличить качество СМР и повысить безопасную эксплуатацию объекта в целом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ научно-технических трудов показал, что существует ряд методов контроля качества строительной продукции – как в процессе производства работ, так и выполненных строительных конструкций.

Исполнительная документация включает в себя множество различных рассмотренных показателей качества, в том числе геометрические характеристики конструкций объекта, отклонения по вертикали и горизонтали конструкций, отображаемые на исполнительных схемах. Проведя теоретическое исследование и анализ, выявлено, насколько объективно отражается качество возводимых ответственных конструкций. При производстве СМР, как показывает практика и аналитическое исследование, может присутствовать строительный брак, который выражается в выявленных отклонениях строительных конструкций и искаженной информации в исполнительной документации. Одним из основных показателей качества возведения конструкций являются отклонения конструктивных элементов, определяемые посредством геодезической съемки и обмерных работ.

2. В качестве конструкций-представителей выбраны несущие железобетонные монолитные конструкции зданий и сооружений: колонны, пилоны, стены, плиты перекрытия. Качество устройства данных конструктивных элементов имеет наибольшее воздействие на безопасность, эксплуатационную надежность и срок службы зданий и сооружений. По результатам выполненных монолитных конструкций и их участков, согласно статистическим данным, значения отклонений конструкций могут выходить за пределы нормативных значений допусков в зависимости от влияния различных факторов. При устройстве конструкций на последующих этапах производства строительномонтажных работ возникают суммарные отклонения, которые могут превышать нормативные допуски в несколько раз, в связи с этим необходимо вести мониторинг отклонений за счет рассмотренных теоретических неоднородных распределений отклонений. Количественная оценка значений отклонений,

выходящих за пределы нормативных допусков, согласно статистике, составляет: для стен – 33 %, для колонн и пилонов – 24 %, для балок и перекрытий – 1 %.

По результатам теоретического анализа выявлены основные аспекты, влияющие на процесс производства строительного-монтажных работ и качество выполненных строительных конструкций: Мотивация; Организационная структура строительства; Финансирование объекта строительства; Квалификация строительного персонала; Сложность проектно-технологических решений; Интенсивность осуществления строительного контроля за производством СМР; Информативность отражения качества выполненных ранее конструкций.

3. На основе анализа статистических данных определен закон и интегральные функции теоретического неоднородного распределения значений отклонений в монолитных железобетонных несущих конструкциях. Сформирована графическая интерпретация эмпирического и теоретического распределения отклонений, в зависимости от величины нормативных допусков. Определены следующие интегральные функции распределения значений отклонений вертикальности по оси и отклонений толщины сечения несущих монолитных железобетонных конструкций от проектных значений, а также от нормативных предельно допустимых значений отклонений:

- для отклонений колонн и пилонов по оси от проектных значений;
- для отклонений толщины сечения колонн и пилонов от проектных значений;
- для отклонений стен по оси от проектных значений;
- для отклонений толщины сечения стен от проектных значений.

В результате анализа нормативно-технической литературы и практического опыта устройства монолитных строительных конструкций на объекте строительства установлено, что, в зависимости от вида конструктивного элемента и предельно допустимых значений отклонений, функция теоретического распределения будет иметь различные коэффициенты, но при этом установленный закон теоретического распределения указывает на двухвершинное распределение. Одна вершина находится в рамках допусков – что является

нормальным и допустимым, согласно действующим нормативным документам, а вторая находится на границе и за пределами границы значений допусков. При этом значительная часть, которой нельзя пренебречь, находится за границами допусков:

– для отклонений колонн и пилонов по оси от проектных значений соотношение площадей теоретического распределения за пределом допусков ( $S_z$ ) к площади в пределах допусков ( $S_H$ ) составляет  $S_z/S_H = 0,146$ ;

– для отклонений толщины сечения колонн и пилонов от проектных значений соотношение составляет  $S_z/S_H = 0,366$ ;

– для отклонений стен по оси от проектных значений соотношение составляет  $S_z/S_H = 0,158$ ;

– для отклонений толщины сечения стен от проектных значений соотношение составляет  $S_z/S_H = 0,518$ .

4. Сформирована модель управления параметрами влияющих факторов на отклонения конструкций. В ходе анализа научно-технической литературы, а также практического опыта работы в данной сфере были выявлены 49 различных факторов, которые были сгруппированы в соответствующие группы с различной степенью влияния на возникновение отклонений в конструкциях, в том числе значений отклонений, выходящих за пределы нормативных допусков. Методом экспертных оценок были определены удельные веса каждого фактора, а также выполнено ранжирование с определением наиболее значимых факторов, которые в итоге ложатся в основу предлагаемой методики по предотвращению ненормативных отклонений. Из 49 факторов наибольшее влияние получили 12 из них, данные факторы являются основой полученного уравнения множественной регрессии.

В качестве величины влияния  $X_{i,j}$  определены следующие факторы:

$X_{1,1}$  – несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам;

$X_{1,3}$  – ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам;



$X_{1,4}$  – наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений;

$X_{1,5}$  – недостаток квалификации строительного персонала;

$X_{1,8}$  – неправильное крепление деталей опалубки;

$X_{1,9}$  – несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации;

$X_{1,10}$  – несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям;

$X_{1,14}$  – установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание;

$X_{1,15}$  – сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки;

$X_{3,3}$  – сжатые сроки;

$X_{3,4}$  – халатность строительного персонала;

$X_{4,5}$  – неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции).

Проверка статистической значимости уравнения выполнена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера, на основе которых можно сделать вывод, что уравнение статистически надежно. Установлено, что в исследуемой ситуации 77,75% общей вариабельности  $Y$  объясняется изменением факторов  $X_{i,j}$ . Это подтверждает, что суммарное влияние выявленных факторов является причиной возникновения больших величин отклонений в конструкциях.

5. Анализ проблематики, статистические методы оценки выявленных отклонений, а также многофакторный регрессионный анализ, рассмотренные в диссертационном исследовании, подтвердили, что отклонения несущих железобетонных монолитных конструкций являются одним из важнейших аспектов обеспечения несущей способности конструкций и безопасной эксплуатации всего объекта. Выработана методика по предотвращению возникновения отклонений, величина которых может выходить за предельно допустимые значения отклонений конструкций.

Разработан механизм оценки и нивелирования влияния факторов на отклонения монолитных железобетонных конструкций, включающий в себя методику, состоящую из 7 этапов с соответствующими особенностями воздействия на 12 наиболее влияющих факторов  $X_{i,j}$  в зависимости от этапа и ответственного участника строительства. Предлагаемая методика основана на мероприятиях  $M_{i,j(k)}$  по предотвращению возникновения больших значений отклонений, находящихся на границе и выходящие за границу предельно допустимых нормативных значений, на последующих этапах устройства монолитных железобетонных конструкций. Данную методику возможно применять при возведении монолитных железобетонных конструкций (колонны, пилоны, стены и иные вертикальные несущие конструкции) на последующих этапах производства работ, в рамках одной захватки, при этом объем захватки и количество конструкций не имеют существенного влияния на предлагаемую методику.

6. Выполнена оценка предлагаемой методики при внедрении результатов исследования в деятельность строительного-монтажных организаций и организаций, обеспечивающих строительный контроль. При производстве СМР на объекте в организационно-технологическую структуру, в рамках предлагаемой методики, внедрены мероприятия  $M_{i,j(k)}$ , которые относятся к 4 факторам, имеющим наибольшее влияние на конкретном объекте:  $X_{1,1}$ ,  $X_{1,5}$ ,  $X_{1,8}$ ,  $X_{1,9}$  – факторы, которыми оперативно может управлять организация, учитывая ее возможности и мощность в данный период времени. Внедряемая методика позволила уменьшить величину отклонений конструкций, выполненных на последующих этапах производства работ. Соотношение значений отклонений в пределах нормативных допусков к величинам «опасного» смещения до применения методики составило порядка 74–80 % на 20–26 % соответственно для 1-го и 2-го этажей. После внедрения предлагаемой методики соотношение значений в пределах нормативных допусков составило 93 % и 7 % – отклонения, величина которых находится на границе. В результате степень отклонений «опасного» смещения снизилась на 16 % в рамках одного этажа. Методика

позволила уменьшить значения величины отклонений на 35–40 % при последующих этапах возведения конструкций. Установлено, что при уменьшении влияния рассматриваемых факторов происходит устранение негативного воздействия на процесс возведения монолитных железобетонных конструкций, что приводит к уменьшению значений фактических отклонений от проектных величин. Это позволяет оптимизировать процесс производства СМР в части качества конструкций – как процесс упреждения возникновения отклонений.

Разработанная методика основана на параметрах и факторах при устройстве монолитных железобетонных конструкций. При этом алгоритм разработки и применения данной методики потенциально возможно использовать при устройстве и других конструкций, с учетом требований к приемке работ согласно проектным и нормативно-техническим документам.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы лежат в области расширения сферы применения разработанной методики по оценке и нивелированию влияния факторов на отклонения, а также предотвращению ненормативных значений отклонений на последующих этапах производства работ в соответствии с мощностями и специализациями строительного-монтажных организаций. Рассмотренная методика по предотвращению ненормативных отклонений, помимо несущих монолитных железобетонных конструкций, может быть применена и при устройстве металлических конструкций, деревянных конструкций, при монтаже элементов сборного домостроения, устройстве перегородок и ограждающих конструкций зданий и сооружений. В зависимости от вида конструкций и требований по приемке выполненных работ, необходимо рассматривать частный набор факторов, которые могут повлиять на возникновение отклонений и дефектов, что впоследствии приводит к строительному браку. Кроме того, в зависимости от предельно допустимых значений отклонений, у каждой конструкции будет частное соотношение значений фактических отклонений к предельно допустимым. При этом алгоритм применения методики, а также сам процесс выработки мероприятий возможно выполнить в соответствии с данным диссертационным исследованием.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамов, Д.Н. Основные причины возникновения дефектов в бетонных конструкциях / Д.Н. Абрамов // Технологии бетонов. - 2014. - №8 (97). - С. 42-43.
2. Аблязов, Л.П. Справочник строителя. Организация и технология работ: справочник / Л.П. Аблязов, В.В. Шапаронов, И.П. Степанов. - Москва: Стройиздат, 1989. - 526 с.
3. Алексеев, В.К. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения / В.К. Алексеев, В.Т. Гроздов, В.А. Тарасов. - М.: Минобороны, 1982. - 176 с.
4. Альбрехт, Р. Дефекты и повреждения строительных конструкций / Р. Альбрехт. - М.: Стройиздат, 1979. - 207 с.
5. Афанасьев, А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона / А.А. Афанасьев. - М.: Стройиздат, 1990. – 376 с.
6. Афанасьев, А.А. Технологическая надежность монолитного домостроения / А.А. Афанасьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2001. - №3. - С. 24-27.
7. Афанасьев, А.А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона / А.А. Афанасьев. - М.: Стройиздат, 1990. - 384 с.
8. Афанасьева, В.Ф. Дефекты в конструкциях в процессе строительства и современные приемы их устранения / В.Ф. Афанасьева // Технологии бетонов. - 2014. - №7 (96). - С. 33-37.
9. Баранова, Т.И. Инженерные методы восстановления поврежденных конструкций в период строительства железобетонных каркасных зданий / Т.И. Баранова, И.С. Гучкин, Д.В. Артюшин, Д.В. Попов // Региональная архитектура и строительство. - 2008. - №2. - С. 32-34.
10. Байбурин, А.Х. Исследование влияния технологических факторов на уровень качества возведения гражданских зданий / А.Х. Байбурин // Вестник

ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». Вып. 11. - 2010. - №33(209). - С. 20-24.

11. Байбурин, А.Х. Качество возведения монолитных жилых домов / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров // Жилищное строительство. - 2002. - №4. - С. 4-6.

12. Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.23.08 / Байбурин Альберт Халитович. - ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет. СПб, 2012. - 407 с.

13. Байбурин, А.Х. Методика статистической оценки качества строительно-монтажных работ / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев // Известие ВУЗов. Строительство. - 2000. - №5. - С. 85-89.

14. Байбурин, А.Х. Проектирование экспертной системы оценки качества строительных технологий / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев, С.В. Никоноров // Известие ВУЗов. Строительство. - 2002. - №7. - С. 52-55.

15. Байбурин, А.Х. Оценка качества строительно-монтажных работ на основе показателей надежности / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев // Известие ВУЗов. Строительство. - 1998. - №2. - С. 67-70.

16. Байбурин, А.Х. Оценка качества строительства монолитных зданий / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров // Известие ВУЗов. Строительство. - 2002. - №9. - С. 129-133.

17. Байбурин, А.Х. Принципы проектирования технологий гарантированного качества / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров. // Строительство и образование: Сборник научных трудов. Екатеринбург: ГОУ УГТУ- УПИ. - 2002. Вып. 5 - С. 10-12

18. Байбурин, А.Х. Система контроля и оценки качества строительно-монтажных работ: сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства» / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров. - Челябинск, 2003. - С. 79-81.

19. Байбурин, А.Х. Формирование системы показателей качества в строительстве / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев // Известия вузов. Строительство. - 1999. - №8. - С. 57-60.
20. Болотова, А.С. Системный анализ причин аварий в монолитном строительстве / А.С. Болотова, Г.Е. Трескина // Сборник трудов конференции. Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании. - 2015. - С. 229-232.
21. Бондаренко, В.М. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций / В.М. Бондаренко // Вестник отделения строительных наук РА АСН. - М.: Изд-во РААСН, 2004. - С. 123-129.
22. Бондаренко, В.М. Повреждения, ресурс конструкционной безопасности и мониторинг зданий и сооружений / В.М. Бондаренко // Бюллетень строительной техники. - 2000. - №4. - С. 8-10.
23. Бондаренко, В.М. Конструкционная безопасность каркасов жилых зданий / В.М. Бондаренко // Бюллетень строительной техники. - 2004. - №1. - С.8-11.
24. Борисова, А.М. Уровень квалификации инженерно-технических работников как показатель уровня качества строительства / А.М. Борисова, И.С. Тарасенко, Т.К. Кузьмина // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. – Москва, 2020. – С. 1118-1120.
25. Борисова, А.М. Особенности проведения строительного контроля на современном этапе / А.М. Борисова, И.С. Тарасенко, Т.К. Кузьмина // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва. 2020. – С. 1181-1183.
26. Ведомственные строительные нормы ВСН 478-86. Производственная документация по монтажу технологического оборудования и технологических трубопроводов. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1986. – 51 с.

27. Вильман, Ю.А. Особенности технологии и механизации возведения многоэтажных зданий / Ю.А. Вильман, С.А. Синенко, П.Г. Грабовый, К.П. Грабовый, Е.А. Король, П.Б. Каган // Вестник МГСУ. - 2012. - №4. – С. 170-174.
28. Волков, А.С. Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания / А.С. Волков, Е.А. Дмитренко, А.В. Корсун // Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2015. - №2(29). - С. 45-56.
29. Волкова, Л.В. Проблемы организации и планирования работ по устройству монолитных перекрытий на высоте более 5,1 метров / Л.В. Волкова, В.В. Захаров // В сборнике: «АРХИТЕКТУРА - СТРОИТЕЛЬСТВО - ТРАНСПОРТ». - Материалы 71-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. - С. 103-106.
30. Воловик, М.В. Круглый стол. Современные опалубочные системы как фактор обеспечения качества и надежности строительных объектов / М.В. Воловик, М.Н. Ершов, А.В. Ишин, О.П. Лянг, Д.К. Туманов, А.А. Лapidус, О.А. Фельдман, М.Е. Лейбман, В.И. Теличенко // Технология и организация строительного производства. – 2013. - №1. – С. 14-18.
31. Галиуллин, Р.Р. Оценка технического состояния несущих систем зданий на основе динамических критериев: автореф. дис. на соискание ученой степени кан. тех. наук: 05.23.01 / Галиуллин Ринат Равилевич. - Казань, 2012. - С. 3.
32. Ганичев, И.А. Контроль качества строительной продукции за рубежом / И.А. Ганичев // Промышленное строительство. - 1988. - №5. - С. 43-44.
33. Гарев, В.Н. Исполнительная техническая документация при строительстве зданий и сооружений: справочное пособие / В.Н. Гарев, В.А. Шинкевич, А.И. Орт. - СПб.: ЦКС, 2005. - 245 с.
34. Гинзбург, А.В. Влияние мероприятий по повышению организационно технологической надежности на функционирование строительной организации и

планирование строительства / А.В. Гинзбург, П.Б. Жавнеров // Научно-технический вестник Поволжья. - 2014. - № 3. - С. 94-96.

35. Гусаков, А.А. Системотехника строительства. / А.А. Гусаков - М.: Стройиздат, 1933. - 440 с.

36. Гусакова, Е.А. Основы организации и управления в строительстве. В 2 ч. Ч. 1: учебник и практикум для СПО / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. - М.: Издательство Юрайт, 2018. - 258 с. - (Серия: Профессиональное образование).

37. Гусакова, Е.А. Основы организации и управления в строительстве. В 2 ч. Ч. 2: учебник и практикум для СПО / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. - М.: Издательство Юрайт, 2019. - 318 с. - (Серия: Профессиональное образование).

38. Гранау, Э.Б. Повышение качества строительно-монтажных работ / Э.Б. Гранау. - М.: Стройиздат, 1985. - 255 с.

39. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ: [федер. закон: принят Гос. Думой 22 дек. 2004 г.] - 328 с.

40. Гроздов, В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / В.Т. Гроздов. – СПб.: Воен. инж.-техн. ун-т., 1998. – 203 с.

41. Дикман, Л.Г. Организация и планирование строительного производства. Управление строительными предприятиями с основами АСУ: учебник. 3-е издание., перераб. и доп. / Л.Г. Дикман. - М.: Высш. шк., 1988. – 559 с.

42. Дикман, Л.Г. Организация строительства в США: учебное издание / Л.Г. Дикман, Д.Л. Дикман. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004 г. - 375 с.

43. Добромыслов, А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам: справочное пособие / А.Н. Добромыслов. - М.: Изд-во АСВ, 2004. - 72 с.

44. Доркин, Н.И. Технология возведения высотных монолитных железобетонных зданий: учебное пособие / Н.И. Доркин, С.В. Зубанов. – Самара:



Самарский гос. арх.-строит. ун-т, Изд-во ЭБС АСВ, 2012. – 228 с. — ISBN 978-5-5985-0492-3.

45. Дубровская, Д.С. Оценка технического состояния зданий и сооружений. Дефекты железобетонных конструкций / Д.С. Дубровская, И.С. Жариков, П.Г. Грабовый // Статья в сборнике трудов конференции: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2019. - С. 226-229.

46. Жадановский, Б.В. Организационно-технологическое проектирование - неотъемлемая часть обеспечения эффективности, качества и безопасности строительства / Б.В. Жадановский, Т.Н. Дубина, Е.Г. Семёнова // Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - №12. - С. 28-30.

47. Жариков, И.С. Влияние качества бетонных работ на прочность бетона монолитных конструкций / И.С. Жариков, А. Лакетич, Н. Лакетич // Строительные материалы и изделия. - 2018. - №1(1). - С. 51-58.

48. Загорская, А.В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / Л.В. Загорская, А.А. Лapidус // Строительное производство. – 2020. - №3. – С. 21-34.

49. Иванова, М.А. Взаимосвязь качества организации малоэтажного строительства и организационно-технологической надежности строительного производства / М.А. Иванова, А.В. Гинзбург // Наука и бизнес: пути развития. - 2018. - №9(87). - С.33-37.

50. Иванова, М.А. Интегральный показатель оценки организационно-технологической надежности организации малоэтажного строительства / М.А. Иванова, А.В. Гинзбург // Наука и бизнес: пути развития. - 2019. - №11(101). - С.64-66.

51. Иванова, З.И. Кадровое обеспечение строительной отрасли России (по материалам социологических исследований): монография / З.И. Иванова, Л.В. Власенко, В.Л. Воробьева – М.: Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ, 2014. – 72 с.

52. Ильенкова, С. Д. Управление качеством: учебник. Под ред. Ильенковой С. Д. [Электронный ресурс]. / С. Д. Ильенкова, Н. Д. Ильенкова, А. В. Бандурин, С. Ю. Ягудин, Э. М. Воронина, А. В. Квитко, В. И. Кузнецов, В. С. Мхитарян, Е. С. Шустерман. - М.: ЮНИТИ, 1998. - Режим доступа: [www.cfm.ru/management/iso9000/qmanbook.shtml](http://www.cfm.ru/management/iso9000/qmanbook.shtml).

53. И 1.13-07. Инструкция по оформлению приемо-сдаточной документации по электромонтажным работам. – М.: Ассоциация «Росэлектромонтаж», 2007. - 57 с.

54. Казаков, Д.А. Вопросы обеспечения качества и учета брака при строительстве объектов нефтегазового комплекса / Д.А. Казаков // Сборник трудов второй совместной научно-практической конференции. ГБУ «ЦЭИИС» и ИПРИМ РАН «Обеспечение качества, безопасности и экономичности строительства. Практика. Проблемы. Перспективы. Инновации». Институт прикладной механики РАН. - М, 2020. - С. 226-237.

55. Казаков, Д.А. Актуальные вопросы подготовки специалистов строительного контроля / Д.А. Казаков, В.Б. Власов, Е.Д. Казакова, В.В. Воронова // Строительное производство. - 2021. - №4. - С. 24-32.

56. Казаков, Д.А. Строительный контроль и аудит / Д.А. Казаков, Х.М. Гумба, С.Н. Шилова, С.С. Уварова, С.В. Беляева, А.В. Воротынцева, И.А. Провоторов – М.: МГСУ, Издательство Юрайт, 2021. - 240 с.

57. Казаков, Д.А. Строительный контроль и управление качеством в строительстве / Д.А. Казаков, И.Г. Лукманова, С.В. Беляева, Л.П. Мышовская, Е.В. Нежникова, И.А. Провоторов, Е.А. Солнцев, С.С. Уварова – Воронеж, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, учебное пособие, 2016. - 184 с.

58. Казаков, Д.А. Перспективы комплексного развития пневматических технологий в строительстве / Д.А. Казаков, В.Я. Мищенко, А.Н. Ткаченко, Е.Д. Казакова // Строительное производство. - 2022. - №4. - С. 114-121.

59. Казаков, Д.А. Технический аудит и верификация качества строительства в рамках деятельности подрядных организаций / Д.А. Казаков,

Т.Ю. Самойлова, С.Р. Дежин, Е.Д. Казакова // Строительство и недвижимость. - 2022. - №2 (11). - С. 55-62.

60. Казаков, Д.А. Самоконтроль застройщика в форме независимого технического аудита строительной продукции / Д.А. Казаков, А.Я. Токарский, Е.Д. Казакова // Строительное производство. - 2023. - №1. - С. 20-26.

61. Казиева, А.К. Проблемы кадрового обеспечения строительной отрасли // Современные научные исследования и инновации. [Электронный ресурс]. / А.К. Казиева // Современные научные исследования и инновации. - 2018. - №3. - Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2016/03/65392>.

62. Кальгин, А.А. Производство и использование строительных материалов, изделий и систем: том 2. Производство бетонов, бетонных и железобетонных изделий, их ремонт и восстановление. Часть первая. Отечественный опыт. Учебное пособие / А.А. Кальгин, М.А. Фахратов, В.О. Чулков - М.: СВР-АРГУС, 2010. - 312 с.

63. Каширцев, М.С. Формирование организационно-технологических мероприятий по осуществлению научно-технического сопровождения при возведении высотных зданий / М.С. Каширцев, Д.В. Топчий // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. – Москва, 2020. - С. 315 – 318.

64. Киевский, Л.В. Организационные резервы повышения эффективности производства в процессе проектирования и строительства жилых зданий / Л.В. Киевский, А.С. Сергеев // Промышленное и гражданское строительство. - 2015. - № 8. - С. 62-66.

65. Клюев, К.А. Влияние дефектов конструкций и ошибок проектирования на этапах возведения монолитного каркасного здания / К.А. Клюев, А.А. Кузнецов // СтройМного. - 2017. - №1 (6). – С. 4.

66. Кобелева, С.А. Повышение качества и долговечности монолитных зданий / С.А. Кобелева // Жилищное строительство. 2001. - №12. - С. 12-13.

67. Кожевникова, С.Т. Совершенствование организации строительства за счет альтернативного анализа поставщиков бетонных смесей / С.Т. Кожевникова, А.В. Гинзбург // Перспективы науки. - 2018. - №3 (102). - С. 49-54.
68. Комаров, А.Г. Бетоны для монолитного строительства зданий и сооружений / А.Г. Комаров, Т.А. Суэтина, Ю.Л. Морозов, В.А. Дорф, В.В. Левшин. - М.: МИКХиС, 2001. - 368 с.
69. Кошелева, Ж.В. Оценка несущей способности и надежности элементов железобетонных конструкций при ограниченной информации о контролируемых параметрах: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.23.01 / Кошелева Жанна Владимировна. - Вологда, 2004. - 190 с.
70. Крамаренко, М.Г. Основные положения экспресс анализа технического состояния зданий и сооружений / М.Г. Крамаренко, П.Г. Грабовый // статья в сборнике трудов конференции: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Посвящена 165-летию В.Г. Шухова. – Белгород, 2018. - С. 1622-1626.
71. Красный, Ю.М. Оценка качества выполнения строительных процессов / Ю.М. Красный, Д.Ю. Красный // Строительство и образование: Сб. науч. трудов. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2002. - С. 17-19.
72. Крахмальный, Т.А. Дефекты и повреждения железобетонных колонн производственных зданий / Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко // Строительство и архитектура. - 2020. - №2(27). - Т.8. - С. 5-10. - DOI: 10.29039/2308-0191-2020-8-2-5-10
73. Кудинов, Д.О. Информационное обеспечение управления строительными системами / Д.О. Кудинов, В.В. Костюченко // Инженерный вестник Дона. - 2012. - № 3 (21). - С. 727-730.
74. Кузнецов, А.Н. К вопросу о разработке системы оценки качества жилищного строительства / А.Н. Кузнецов, А.Н. Акопян, Ф.Ю. Керимов // Жилищное строительство. – 2005. - № 2. – С. 17-19.
75. Кузнецов, А.Н. Разработка методов анализа показателей технологических процессов для повышения качества продукции строительного

производства: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.23.08 / Кузнецов Алексей Николаевич. - М., 2005. - 164 с.

76. Кузнецов, В.С. Нормативные допуски как факторы риска снижения долговечности строительных объектов / В.С. Кузнецов, А.В. Кузнецов, М.Н. Смирнов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2005. - №5. - С. 80-81.

77. Кузьмина, Т. К. Проблематика нормирования труда инженеров строительного контроля на современном этапе / Т.К. Кузьмина, О.Н. Долгих // Технология и организация строительного производства. - 2017. - № 4. - С. 6-9.

78. Кузьмина, Т. К. Рекомендации для службы застройщика (технического заказчика) по оптимизации ведения исполнительной документации с целью эффективной сдачи-приемки и ввода объекта в эксплуатацию / Т.К. Кузьмина, В.С. Зернов // Перспективы науки. - 2019. - № 7(118). - С. 139-142.

79. Кузьмина, Т. К. Ведение исполнительной документации в современных условиях и распространенные проблемы / Т.К. Кузьмина, М.В. Сенаторов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2021. - № 4. - С. 338–342.

80. Кузьмина, Т. К. Возможности внедрения информационных комплексов для составления исполнительной документации в строительстве / Т.К. Кузьмина, М.В. Сенаторов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2021. - № 4. - С. 395–400.

81. Кузьмишкин, А.А. Классификация дефектов при обследовании железобетонных конструкций / А.А. Кузьмишкин, И.Н. Гарькин // Вестник магистратуры. - 2014. - №11(38). – Т.1. - С. 35-37.

82. Куликов, Ю.А. Оценка качества решений в управлении строительством / Ю.А. Куликов. - М., Стройиздат, 1990. – 135 с.

83. Кумпяк, О.Г. Эксплуатационная надежность железобетонного каркаса с дефектами стыков колонн / О.Г. Кумпяк, З.Р. Галяутдинов, О.Р. Пахмурин // Вестник Томского государственного Архитектурно-строительного университета. - 2014. - №3 (44). - С. 88-95.

84. Куренков, О.Г. Методика оценки и нивелирования влияния факторов на отклонения монолитных железобетонных конструкций / О.Г. Куренков // Строительное производство. – 2022. – №4. – С. 18-24. DOI: 10.54950/26585340\_2022\_4\_18.
85. Лapidус, А.А. Актуальные проблемы организационно-технологического проектирования / А.А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. - 2013. - № 3. - С. 1.
86. Лapidус, А.А. Влияние современных технологических и организационных мероприятий на достижение планируемых результатов строительных проектов / А.А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. - 2013. - № 2. - С. 1.
87. Лapidус, А.А. Концепция разработки модели программы по научно-техническому сопровождению жизненного цикла уникальных зданий с большим заглублением / А.А. Лapidус, Д.В. Топчий, И.С. Шевченко // Вестник МГСУ. - 2022. - Т. 17. - Вып. 3. - С. 298-313. - DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.298-313
88. Латышев, Г.В. Инфографическое моделирование систем автоматики на основе их элементов / Г.В. Латышев, К.В. Латышев, А.И. Мохов, В.О. Чулков // Международная конференция Стройинвест – 2012. Международный сборник научных трудов. - Москва, 2012. - С. 516-523.
89. Лесова, Д.А. Подготовка исполнительной документации для ввода объекта в эксплуатацию / Д.А. Лесова, А.Т. Фаизова // Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. НИУ МГСУ. – 2018. – С. 394–396.
90. Летчфорд, А.Н. Исполнительная документация в строительстве. Справочное пособие / А.Н. Летчфорд, В.А. Шинкевич. - СПб.: Центр качества строительства, 2011. – 258 с.
91. Махрова, О.В. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность конструкции из монолитного железобетона / О.В. Махрова, Ю.М. Гераськин // Universum: технические науки: электрон. научн. журнал. - 2018. - №3 (48). – 5 с.

92. Мордвинов, А.М. Равномерность использования рабочей силы в условиях бригадной организации труда в строительном производстве / А.М. Мордвинов // Экономика строительства. - 2015. - № 4 (34). - С. 31-36.
93. Морозенко, А.А. Методика прогнозной оценки смещения сроков ключевых событий проекта при реализации ЕРС-контрактов / А.А. Морозенко, А.А. Горшков, А.А. Зяблов, И.А. Херувимов // Наука и бизнес: пути развития. - 2020. - №8 (110). - С. 29-34.
94. Монфред, Ю.Б. Качество продукции строительного производства (основные положения) / Ю.Б. Монфред // Гос. ком. по гражд. стр-ву и архитектуре при Госстрое СССР. ЦНИИЭП жилища. – 1976. – 80с .
95. Монфред, Ю.Б. Организация систем управления качеством строительства: учебное пособие / Ю. Б. Монфред. - М.: МИСИ, 1986. – 74 с.
96. Монфред, Ю.Б. О классификации методов оценки качества продукции / Ю.Б. Монфред, Б.В. Лясковский // Стандарты и качество. - 1980. - №12. - С. 48-51.
97. Монфред, Ю.Б. О критериях уровня качества возведения зданий / Ю.Б. Монфред, Б.В. Лясковский // Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1983. - №2. - С. 73-77.
98. Музыченко, С.Г. Особенности мониторинга несущих конструкций при научно-техническом сопровождении строительства / С.Г. Музыченко, А.А. Лapidус, Д.В. Топчий // Наука и бизнес: пути развития. - 2021. - №1(115). – С. 39-43.
99. Никоноров, С.В. Разработка методики оценки качества возведения монолитных конструкций гражданских зданий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.08. / Никоноров Станислав Валерьевич. – Челябинск, 2004. – 20 с.
100. Никоноров, С.В. Определение весомостей параметров качества монолитных ЖБК / С.В. Никоноров, А.Х. Байбурун // Сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». - Челябинск, 2003. - С. 82-84.

101. Олейник, П.П. Организация строительного производства / П.П. Олейник. – М.: МГСУ, Издательство АСВ, 2010. - 576 с.
102. Олейник, П.П. Планирование и распределение трудовых ресурсов в строительном производстве / П.П. Олейник. – Киев: Будивельник, 1986. - 119 с.
103. Олейник, П.П. Организация строительства как вид работ, влияющих на безопасность объектов / П.П. Олейник, В.И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. - 2015. - №7. - С. 71-75.
104. Олейник, П.П. О документе по повышению уровня организации строительного производства / П.П. Олейник, В.И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. - 2017. - №3. - С. 100-103.
105. Олейник, П.П. Оценка влияния факторов на строительно-монтажные работы объектов энергетики / П.П. Олейник, О.Н. Вотякова // Технология и организация строительного производства. - 2013. - № 3 (4). - С. 45-46.
106. Олейник, П.П. Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений: монография / П.П. Олейник, Б.В. Жадановский, С.А. Синенко, М.Ф. Кужин, В.И. Бродский, Л.А. Пахомова. - М.: Издательство НИУ МГСУ, 2018. – 496 с.
107. Олейник, П.П. Терминологический словарь в области организации, планирования и управления строительством: Справочное издание / П.П. Олейник, Б.Ф. Ширшиков. - М.: Издательство АСВ, 2010. - 80 с.
108. Олейник, П.П. Разработка справочной карточки объекта и унифицированной системы требований к составу комплекта исполнительной документации при приемке объектов Московского Метрополитена / П.П. Олейник, А.Ю. Юргайтис, О.Г. Куренков // Технология и организация строительного производства. – 2018. - №3 (4). - С. 25-30.
109. Олейник, П.П. Исполнительная документация как инструмент совершенствования системы менеджмента качества строительной продукции / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // Сборник конференции. Организация строительного производства: Всероссийская научная конференция СПбГАСУ. - СПб, 2019. - С. 31-36.



110. Олейник, П.П. Оценка степени отражения качества объекта в исполнительной документации / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // Научно-технический журнал «Строительное производство». - 2019. - №1. - С. 78-81.

111. Олейник, П.П. Совершенствование контроля качества строительства на основе многофакторного анализа исполнительной технической документации / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // Научно-технический журнал «Строительное производство». - 2019. - №4. - С. 5.

112. Олейник, П.П. Оценка влияния факторов прямого воздействия на качество построенного объекта при изучении показателей, отражаемых в исполнительной документации / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // Перспективы науки. - 2019. - №7 (118). - С. 143-147.

113. Олейник, П.П. Оценка выявленных фактических отклонений, несущих монолитных железобетонных конструкций и определение закона их распределения для оптимизации контроля качества производства строительных работ / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // Строительное производство. - 2020. - №2. - С.125-139.

114. Олейник, П.П. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию: учебное пособие / П.П. Олейник, Б.Ф. Ширшиков. - М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2013. - 64 с.

115. Олейник, П.П. Строительный контроль как стратегия повышения качества зданий и сооружений / П.П. Олейник, А.Д. Улитина // Промышленное и гражданское строительство. - 2020. - №4. - С. 22–27. - DOI: 10.33622/0869-7019.2020.04.22-27

116. Подгорнов, Н.И. Влияние условий твердения бетона на его долговечность / Н.И. Подгорнов, Т.В. Аппарович, Д.Д. Коротеев // Известия высших учебных заведений. Строительство: науч.-теорет. журн. - 2007. - № 12. - С. 33-37. - ISSN 0536-1052

117. Покрасс, Л.И. Об определении объёма выборки при проверках качества строительного-монтажных работ / Л.И. Покрасс, Б.С. Маркевич // Вестник статистики. - 1972. - №3. - С. 64-66

118. Покрасс, Л.И. Управление качеством в строительном тресте / Л.И. Покрасс. - Киев: Будивельник, 1976. - 136 с.

119. Порядок РД-11-03-2006. Порядок формирования и ведения дел при осуществлении государственного строительного надзора. Нормативные правовые акты при осуществлении государственного строительного надзора: сборник документов. Серия 18. Выпуск 2. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Закрытое акционерное общество «Научно технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2017. – 124 с.

120. Порядок РД-11-04-2006. Порядок проведения проверок при осуществлении государственного строительного надзора и выдачи заключений о соответствии построенных, реконструированных, отремонтированных объектов капитального строительства требованиям технических регламентов (норм и правил), иных нормативных правовых актов, проектной документации. - М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2006. – 64 с.

121. Порядок РД-11-05-2007. Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства. - М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2007. – 9 с.

122. Приказ Ростехнадзора №470 от 09.11.2017г. О внесении изменений в Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, утвержденные Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2006 года № 1128. - М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2018. - 23 с.

123. Постановление правительства Российской Федерации от 01.02.2006г. №54. Положение об осуществлении Государственного строительного надзора в Российской Федерации. - М.: Правительство Российской Федерации. - 13 с.

124. Постановление Правительства РФ от 21.06.2010г. №468. Положение о порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства. - М.: Правительство Российской Федерации, 2010. - 7 с.

125. Рубцов, И.В. Классификация дефектов при возведении монолитных железобетонных конструкций и их влияние на качество / И.В. Рубцов, Г.Е. Трескина, А.С. Болотова // Научное обозрение. - 2015. - №18. - С. 58-62.

126. Румянцева, А.А. Факторы влияния на качество строительства в работах научных деятелей / А.А. Румянцева, С.А. Синенко, С.И. Румянцев // Вестник Евразийской науки. - 2020. - №3 (12). - С.12. - ISSN 2588-0101

127. Сабенина, С.В. Разработка организационно-технологических решений при возведении многоэтажных зданий в условиях неполной информации / С.В. Сабенина, С.А. Синенко, Н.В. Огнев // Вестник Евразийской науки. - 2020. - №3(12). - С.12. - ISSN 2588-0101

128. Сафарян, Г.Б. Надежность производственно-логистических процессов при организации строительства жилых зданий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.02.22 / Сафарян Геворг Борисович. – М.: ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – 162 с.

129. Сборщиков, С.Б. Организационно-технологическое проектирование в строительстве: вопросы нормативной документации / С.Б. Сборщиков, Я.В. Жаров // Научное обозрение. - 2014. - № 1. - С. 223-226.

130. Синенко, С.А. Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий / С.А. Синенко, И.Н. Дорошин, И.Х. Гергоков // Инженерный вестник Дона. - 2020. - №12 (72). - С.573-588.

131. Синенко, С.А. Совершенствование подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях /

С.А. Синенко, И.Н. Дорошин, М.А. Гнатусь // Инженерный вестник Дона. - 2020. - №2(62). - С.10.

132. Синенко, С.А. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) / С.А. Синенко, Т.К. Кузьмина // Научное обозрение. - 2015. - №18. - С. 156-159.

133. Синенко, С.А. Основы нормативной базы в строительстве / С.А. Синенко, С.А. Мамочкин, Б.В. Жадановский. - М.: Издательство АСВ, 2016. – 150 с.

134. Солдатенко, Т.Н. Модель идентификации и прогноза дефектов строительной конструкции на основе результатов ее обследования / Т.Н. Солдатенко // Инженерно - строительный журнал. - 2011. - №7. - С. 52-61.

135. Сычев, С.А. Методы обеспечения точности монтажа зданий и сооружений их объёмах модулей повышенной заводской готовности / С.А. Сычев // Жилищное строительство. - 2015. - №11 - С. 44 - 48.

136. Свод правил по проектированию и строительству СП 17.13330.2017 Кровля. Актуализированная редакция СНиП II-26-76 (с Изменениями N 1, 2, 3). - М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2017. – 57 с.

137. Свод правил по проектированию и строительству СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 - М.: Минстрой России, 2016. - 80 с.

138. Свод правил по проектированию и строительству СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. - М.: АО «НИЦ «Строительство» - НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, 2017. – 212 с.

139. Свод правил по проектированию и строительству СП 48.13330.2019 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. - М.: Минстрой России, 2019. - 97 с.

140. Свод правил по проектированию и строительству СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. - М.: Минрегион России, 2011. - 40 с.

141. Свод правил по проектированию и строительству СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. - М.: АО «НИЦ «Строительство» - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2019. – 142 с.

142. Свод правил по проектированию и строительству СП 68.13330.2017. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения. – М.: ООО "ЦНИОМТП"; ФГБОУ ВО НИУ МГСУ, 2017. – 60 с.

143. Свод правил по проектированию и строительству СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция 3.03.01-87 - М.: Минрегион России, 2012. - 161 с.

144. Свод правил по проектированию и строительству СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87. - М.: ФГБОУ ВО НИУ МГСУ, 2017. – 57 с.

145. Свод правил по проектированию и строительству СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75. - М.: ФГБУ "ЦНИИП Минстроя" с участием ГУП НИиПИ Генплана г. Москвы; ГБС РАН; ЭФРГС Экогород; АНО Мосгорэкспертиза, 2016. – 28 с.

146. Свод правил по проектированию и строительству СП 126.13330.2017 Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84. – М.: ООО "ТЕКТОПЛАНф"; ГУП "Мосгоргеотрест"; МГУГиК (МИИГАиК); ООО Фирма "ЮСТАС"; АО "ГСПИ", 2017. – 58 с.

147. Свод правил по проектированию и строительству СП 246.1325800.2016 Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений - М.: Минрегион России, 2016. – 35 с.

148. Свод правил по проектированию и строительству СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия - М.: Минстрой России, 2017. - 23 с.

149. Стандарт организации СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля. – Ростов, ООО «НИИЖБ», 2011. – 187 с.

150. Стандарты ГОСТ Р 51872-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения. – М.: ООО "ТЕКТОПЛАНф", Мосгосстройнадзор, ГБУ "Мосгоргеотрест, МИИГАиК, ООО "Фирма "ЮСТАС", ООО НПП "Строительство", 2019. – 34 с.

151. Стандарты ГОСТ 25192-2012. Межгосударственный стандарт. Бетоны. Классификация и общие технические требования. – М.: Российская инженерная академия, 2013. – 6 с.

152. Стандарты ГОСТ 26633-2015. Межгосударственный стандарт. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: АО «НИЦ «Строительство» - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2016. – 17 с.

153. Стандарты ГОСТ 7473-2010. Межгосударственный стандарт. Смеси бетонные. Технические условия. – М.: "НИИЖБ" - филиалом ФГУП "НИЦ "Строительство", 2012. – 25 с.

154. Стандарты ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: ГУП "МНИИТЭП"; ГУП "НИИМосстрой"; АО «НИЦ «Строительство» - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева; АО «НИЦ «Строительство» - НИИОСП им. Н.М. Герсеванова; АО «НИЦ «Строительство» - Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко; ОАО "ЦНИИПромзданий"; ОАО "КТБ ЖБ"; ИПКОН РАН, ВАНКБ, 2014. – 59 с.

155. Тамразян, А.Г. К усилению железобетонных конструкций с учетом безопасной эксплуатации / А.Г. Тамразян, Г.Р. Назарян // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2002. - Вып. 2. - С. 129-135.

156. Теличенко, В.И. Безопасность и качество в строительстве: Основные термины и определения: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» / В.И. Теличенко., М.Ю. Слесарев, В.Н. Свиридов. М.: АСВ, 2002. – 335 с.

157. Теличенко, В.И. Управление качеством строительной продукции: техн. регулирование безопасности и качества в строительстве: учебное пособие для студентов вузов / В.И. Теличенко. - М.: АСВ, 2003. - 511 с.

158. Теличенко, В.И. Организационно-технологическая документация при строительстве высотных зданий / В.И. Теличенко, Е.А. Король, П.Б. Каган, С.В. Комиссаров, С.Г. Арутюнов // Высотные здания: журнал высотных технологий. - 2008. - №5. - С. 70-73.

159. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лапидус. - М.: Высш. шк., 2007. - 512с.

160. Улыбин, А.В. Определение прочности бетона при обследовании зданий и сооружений / А.В. Улыбин, С.Д. Федотов, Д.С. Тарасова // Мир строительства и недвижимости. - 2012. - №45. - С. 2-5.

161. Топчий, Д.В. Комплексный строительный надзора: требования и необходимость / Д.В. Топчий // Технология и организация строительного производства. - 2014. - №1. - С. 46-47.

162. Топчий, Д.В. Актуальные направления совершенствования строительного контроля при реализации объектов капитального строительства, реконструкции и перепрофилирования / Д.В. Топчий, А.Ю Юргайтис, Д.Д. Зуева, Е.С. Бабушкин // Перспективы науки. - 2018. - №12(111). - С. 20-29.

163. Требования РД-11-02-2006. Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения. - М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2006. – 24 с.

164. Фатун, Е. Е. Подготовка исполнительной технической документации в процессе управления строительным проектом / Е.Е. Фатун, Т.В. Боброва // Техника и технологии строительства. - 2016. - № 1(5). - С. 15.

165. Фахратов, М.А. Организационно-технологическое решение автоматизации процессов производства железобетонных изделий и конструкций /

М.А. Фахратов, П.П. Олейник, В.В. Ефимов, О.Г. Куренков // Инженерный вестник Дона. - 2019. - №5(56). - 52 с.

166. Хаютин, Ю.Г. О допусках на геометрические размеры монолитных конструкций / Ю.Г. Хаютин // Бетон и железобетон. - 1986. - №3. - С. 25-26.

167. Чулков, В.О. Инфографическая модель как объект исследования / В.О. Чулков, М.А. Фахратов // Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - №5. - С. 52-53.

168. Шаленный, В.Т. Обеспечение повышенной точности монтажа отечественных кинематических систем сейсмозащиты каркасов гражданских зданий / В.Т. Шаленный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2020. - №3-4 (254-255). - С. 28-30.

169. Шаленный, В.Т. Принципиальная организационно-технологическая схема бетонирования железобетонных перекрытий многоэтажной подземной части зданий методом "Сверху-вниз" / В.Т. Шаленный // Строительство и техногенная безопасность. - 2018. - №13 (65). - С. 99-106.

170. Шаленный, В.Т. Прогрессивные направления ресурсосберегающего развития технологии монолитного и сборно-монолитного домостроения в Крыму / В.Т. Шаленный, С.Ф. Акимов, И.В. Головченко, А.В. Куренько // Строительство и техногенная безопасность. - 2015. - №1 (53). - С. 42-47.

171. Шаленный, В.Т. Сборно-монолитное домостроение: учебник / В.Т. Шаленный, О.Л. Балакчина. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. - 178 с.

172. Шаленный, В.Т. Технологичность разборно-переставных опалубочных систем / В.Т. Шаленный, О.А. Капшук. - Гамбург: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. - 201 с.

173. Шаленный, В.Т. Технико-экономическое обоснование выбора технологических схем и приборов контроля отклонения от вертикали при возведении железобетонных конструкций / В.Т. Шаленный, С.Н. Малышев // Экономика строительства и природопользования. - 2016. - №1. - С. 98-104.

174. Шаленный, В.Т. Факторы, предопределяющие успешную реализацию проектов строительства объектов дошкольного образования ФЦП



социальноэкономического развития республики Крым и Севастополя / В.Т. Шаленный, Д.В. Провазников, Н.В. Цопа // Экономика строительства и природопользования. - 2022. - №1-2 (82-83). - С. 6-15.

175. Шаленный, В.Т. Оценка социально-экономической эффективности организации интенсивного возведения комплекса монолитных каркасов жилых домов в г. Джанкой / В.Т. Шаленный, Э.С. Чубукчи, А.А. Охременко // Экономика строительства и природопользования. - 2019. - №1 (70). - С. 95-103.

176. Шапиро, Г.И. Проблема качества железобетонных строительных конструкций, поврежденных выколами бетона / Г.И. Шапиро, В.Ф. Шабля, Л.В. Обухова и др. // Промышленное и гражданское строительство. - 2007. - №5. - С. 23-24.

177. Шутенко, Л.Н. Математический аппарат и методы формирования оптимальных параметров управления процессом реконструкции объектов городской застройки / Л.Н. Шутенко, В.И. Торкатюк, Г.В. Стадник, О.В. Парамонова, В.А. Кулик, С.В. Бутник // Материалы пятой международной научно-практической конференции «Место. Культура. Цивилизация». – Харьков, 2015. - С. 192-198.

178. Юргайтис, А.Ю. Формирование комплекта исполнительной документации и описание особенностей процедуры сдачи-приемки работ по устройству наружных сетей / А.Ю. Юргайтис, О.Г. Куренков // Технология и организация строительного производства. - 2017. - №4 (5). – С. 11-16.

179. Юргайтис, А.Ю. Эффективность применения алгоритмизации при разработке ППР для снижения уровня травматизма на строительной площадке при капитальном строительстве, реконструкции и перепрофилировании / А.Ю. Юргайтис, Д.В. Топчий, Е.И. Первова, Р.В. Дернов // Вестник гражданских инженеров. - 2019. - № 3 (74). - С. 94-98.

180. Dickinson, J. A survey of automation technology for realising as-built models of services / J. Dickinson, A. Pardasani, S. Ahamed, S. Kruihof, Email Author // VTT Symposium. - 12 June 2009. – Vol. 259. – Is. 1. - Pages 365-381.

181. Edris, Jr. Geotechnical construction control data base package / Jr. Edris, V. Earl, J. Fowler // Earthmoving and Heavy Equipment, Proceedings of the Conference. - Tempe, AZ, USA - September 2015. – Vol. 24. – Is. 3. - Pages 44-56.

182. Fahratorov, M. Development of process control and technical documentation for the construction of residential buildings and structures from monolithic reinforced concrete. [Electronic resource]. / M. Fahratorov, P. Oleynik, O. Kurenkov // E3S Web of Conferences. – 2021. – V. 258. – №09059. - eISSN: 2267-1242. - DOI: 10.1051/e3sconf/202125809059

183. Golparvar-Fard, M. D4ar-4 dimensional augmented reality-models or automation and interactive visualization of construction progress monitoring / M. Golparvar-Fard // University of Illinois at Urbana-Champaign. ProQuest Dissertations Publishing. - 2010. - № 3601058.

184. Hegazy, T. Email-based system for documenting construction as-built details / T. Hegazy, M. Abdel-Monem // Automation in Construction. - July 2012. - Vol. 24. – Is. 3. - Pages 130-137.

185. Klein, L. Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings / L. Klein, N. Li, B. Becerik-Gerber // Automation in Construction. Sonny Astani Department of Civil and Environmental Engineering, University of Southern California. - January 2012. - Vol. 21. – Is. 1. - Pages 161-171.

186. Liu, L.Y. Construction daily log management system using multimedia technology / L.Y Liu, A.L. Stumpf, S.Y. Chin, R. Ganeshan, D. Hicks // Computing in Civil Engineering. - June 1995. - Vol. 2. - Is. 1. - Pages 1084-1089.

187. Moghani, E. A Simulation-Based Framework for as-built documentation of Construction Process and Product Information / E. Moghani // ProQuest Dissertations Publishing. University of Alberta (Canada). - 2013. - № NR92622.

188. Omar, T. Data acquisition technologies for construction progress tracking / T. Omar, M.L. Nehdi // Department of Civil and Environmental Engineering, Western University, London, Ontario N6A 5B9, Canada. Automation of Construction. - October 2016. - T.70. - Is. 1. - Pages 143-155.

189. Park, J. WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation / J. Park, H. Cai // United States. Automation in Construction. - May 2017. - T.77. - Is. 1 - Pages 15-23.

190. R. Pettee, S. As-builts – Problems & Proposed Solutions / S. R. Pettee // Construction Management Association of America. CM eJOURNAL. - 2005. – Pages 1-19.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Заключение о соответствии (ЗОС)** – документ, заключение о соответствии построенного, реконструированного объекта капитального строительства требованиям технических регламентов, иных нормативных правовых актов и проектной документации, в том числе требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности объекта капитального строительства приборами учета используемых энергетических ресурсов.

**Исполнительная документация** – это текстовые и графические материалы, отражающие фактическое исполнение проектных решений и фактическое положение объектов капитального строительства и их элементов в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства по мере завершения определенных в проектной документации работ [163].

**Исполнительные схемы/чертежи** – это документация, состоящая из графических материалов, предназначенная для регистрации значений линейных и угловых размеров, координат, расстояний, отметок, уклонов, сечений, диаметров, привязок и других геометрических параметров элементов, конструкций и частей зданий и сооружений, инженерных сетей, элементов благоустройства, знаков закрепления пунктов геодезической разбивочной основы с целью определения их соответствия проектной документации и требованиям нормативных документов, оценки качества строительной продукции, а также нанесения проложенных инженерных сетей на топографические планы [150].

**Ненормативные отклонения** – это фактические отклонения возведенных строительных конструкций, значения которых превышают предельно допустимые значения отклонений, указанных в СП 70.13330.2012 и иной нормативно-технической документации.

**Оптимизация отклонений** – это приведение фактических значений отклонений к нормативным предельно-допустимым на последующих этапах

производства работ, посредством внедрения организационно-технологических мероприятий в процесс СМР на объекте строительства.

**Скрытые работы в строительстве** – название строительных работ, выполнение которых не может быть проверено в натуре при сдаче в эксплуатацию готовых зданий и сооружений. Это работы, которые закрываются последующими этапами строительства.

**«Чек-лист»** – документ, предназначенный для промежуточной проверки этапов производственного процесса возведения конструктивного элемента. Представляет собой перечень задач, которые необходимо выполнить при возведении конструкции, а также перечень контролируемых параметров.

**Шифр проектной/рабочей документации** – обозначение действующего комплекта раздела документации согласно ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС)». Пример обозначения шифров проектной/рабочей документации:

ПЗ – пояснительная записка; АР – архитектурные решения; КР – конструктивные и объемно-планировочные решения; ПОС – проект организации строительства; КЖ – конструкции железобетонные; КМ – конструкции металлические; СМ – сметы на строительство и др.

Иные термины и определения, приведенные в диссертации, указаны согласно нормативно-технической литературе.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б.**  
**МАТЕРИАЛЫ ВТОРОЙ ГЛАВЫ**

**Б.1 Графическое отображение статистических данных отклонений**  
**монолитных железобетонных стен**

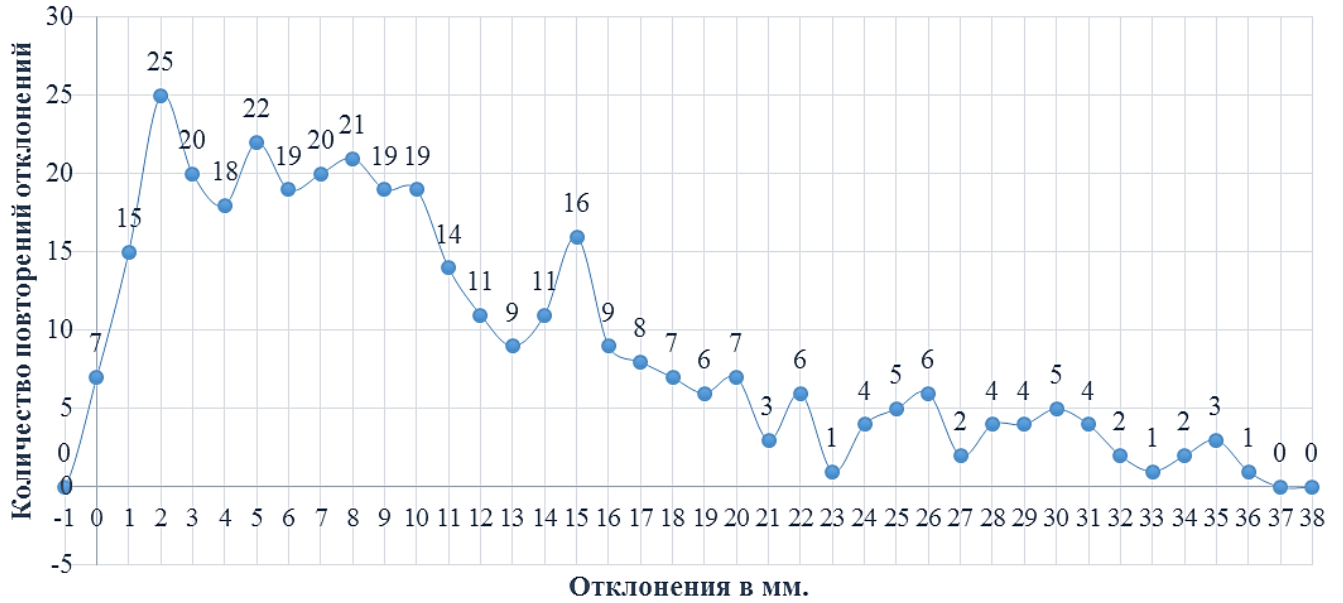


Рисунок 1 – График отклонений стен от проектного положения оси (общий)

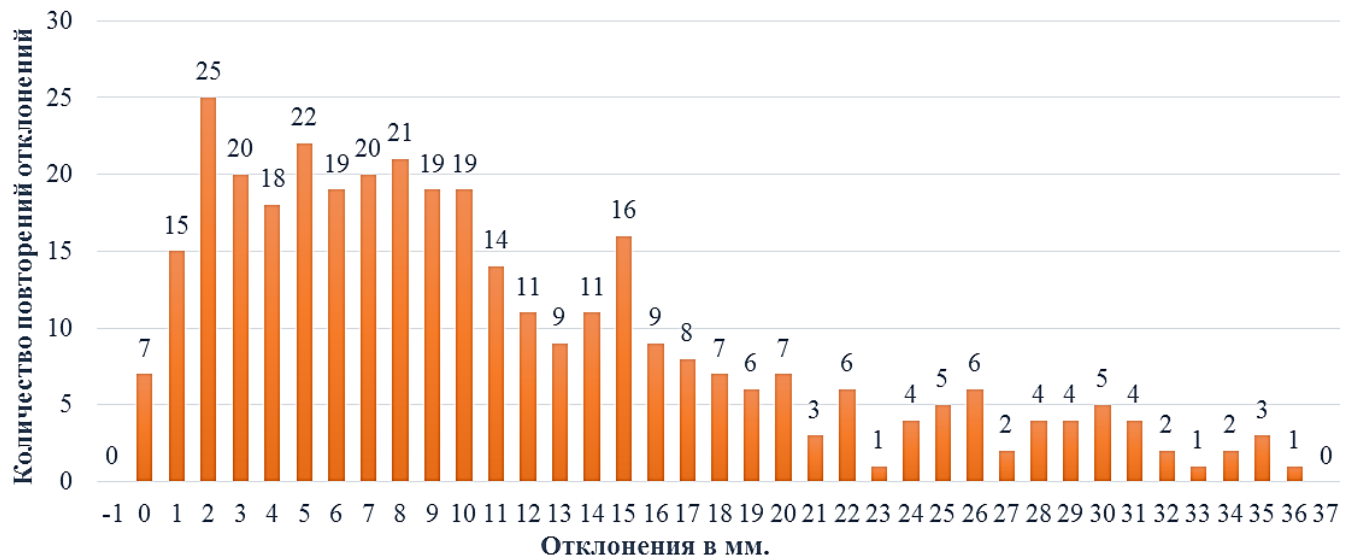


Рисунок 2 – Гистограмма значений отклонений стен от проектного положения оси (общий)



Рисунок 3 – График отклонений высоты бетонируемого яруса стен

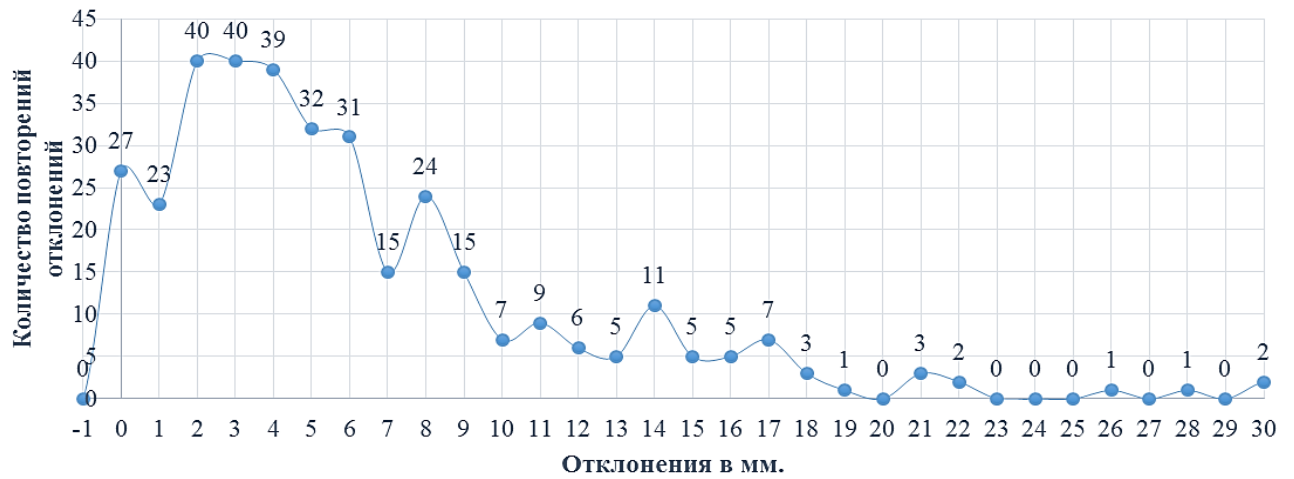


Рисунок 4 – График отклонений толщины сечения стен от проектных значений

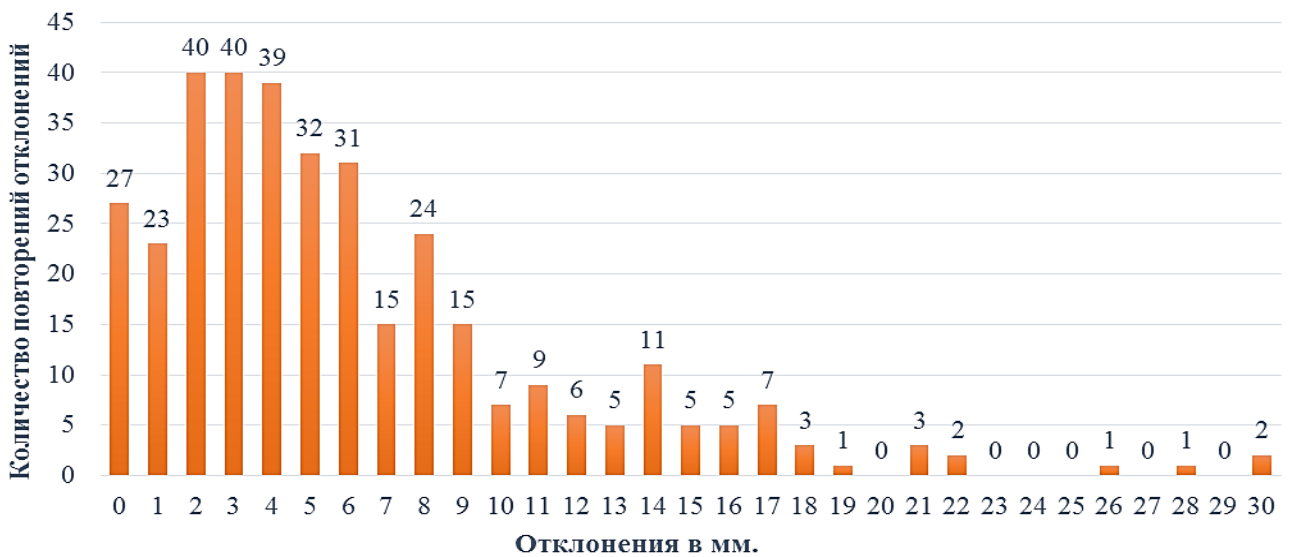


Рисунок 5 – Гистограмма значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений

## Б.2 Графическое отображение статистических данных отклонений монолитных железобетонных колонн, пилонов

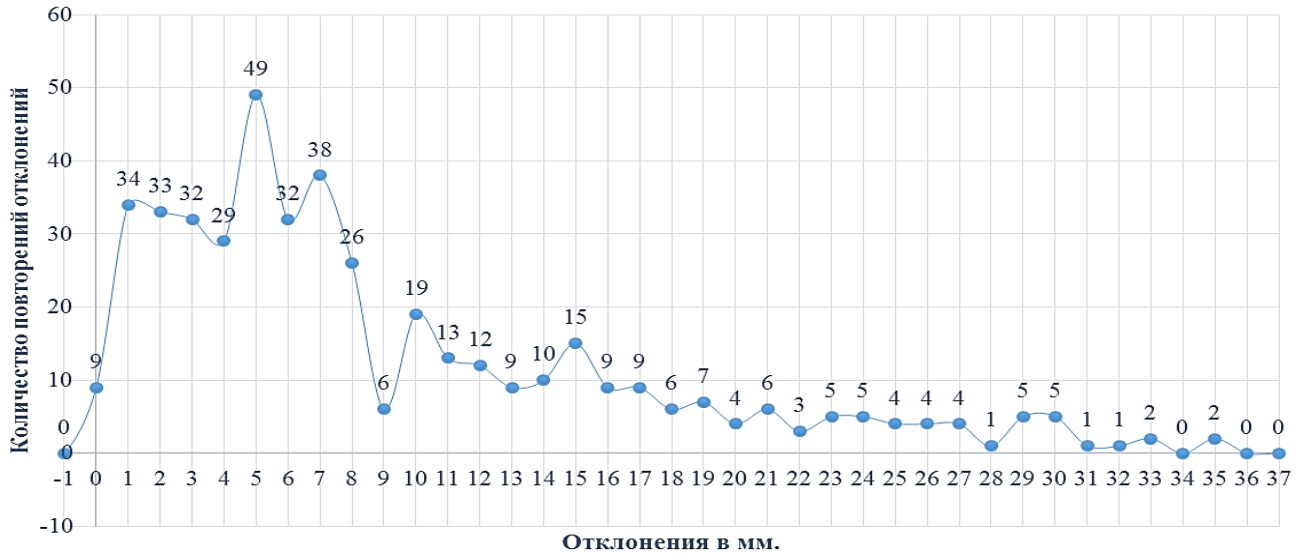


Рисунок 6 – График значений отклонений колонн, пилонов от оси

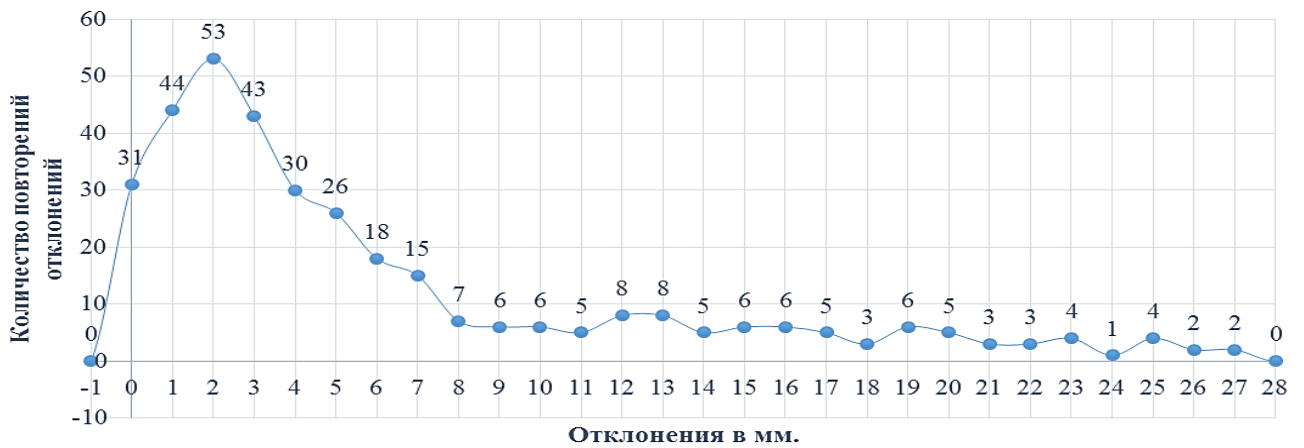


Рисунок 7 – График значений отклонений толщины сечения колонн, пилонов



Рисунок 8 – График значений отклонений высоты бетонируемого яруса



**Б.3. Определение закономерности распределения значений отклонений  
толщины сечения колонн, пилонов от проектных значений**

Таблица П.1 – Вспомогательные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений

Центр интервала $\bar{x}$	$x$	Абсолютная частота, $r$	$x \cdot r$	$x^2$	$x^2 r$
-1	-1,5	0	0,000	2,250	0,000
0	-1	31	-31,000	1,000	31,000
1	-0,5	44	-22,000	0,250	11,000
2	0	53	0,000	0,000	0,000
3	0,5	43	21,500	0,250	10,750
4	1	30	30,000	1,000	30,000
5	1,5	26	39,000	2,250	58,500
6	2	18	36,000	4,000	72,000
7	2,5	15	37,500	6,250	93,750
8	3	7	21,000	9,000	63,000
9	3,5	6	21,000	12,250	73,500
10	4	6	24,000	16,000	96,000
11	4,5	5	22,500	20,250	101,250
12	5	8	40,000	25,000	200,000
13	5,5	8	44,000	30,250	242,000
14	6	5	30,000	36,000	180,000
15	6,5	6	39,000	42,250	253,500
16	7	6	42,000	49,000	294,000
17	7,5	5	37,500	56,250	281,250
18	8	3	24,000	64,000	192,000
19	8,5	6	51,000	72,250	433,500
20	9	5	45,000	81,000	405,000
21	9,5	3	28,500	90,250	270,750
22	10	3	30,000	100,000	300,000
23	10,5	4	42,000	110,250	441,000
24	11	1	11,000	121,000	121,000
25	11,5	4	46,000	132,250	529,000
26	12	2	24,000	144,000	288,000
27	12,5	2	25,000	156,250	312,500
28	13	0	0,000	169,000	0,000
29	13,5	2	27,000	182,250	364,500
30	14	2	28,000	196,000	392,000
		$\Sigma = 359$	$\Sigma = 813,5$		$\Sigma = 6140,75$

Среднее арифметическое значение можно представить, как центр группирования случайной величины:

$$Пср.о = \frac{\sum x r}{n} d + 2 = \frac{813,5}{359} 2 + 2 = 6,532, \quad (П.1)$$

Отклонения от среднего значения ( $П_{ср} - П_{ср.о}$ ) описывают разброс исходных данных около этого значения. Дисперсия вычисляется как:

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n} + \left( \sum x^2 \cdot r - \frac{(\sum x r)^2}{n} \right) = \frac{2^2}{359} + \left( 6140,75 - \frac{813,5^2}{359} \right) = 47,88, \quad (П.2)$$

При этом положительное значение квадратного корня из дисперсии характеризует среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{47,88} = 6,92, \quad (П.3)$$

Количественной характеристикой асимметричности (скошенности) распределения отклонений является коэффициент асимметрии:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum r (П_{ср.} - П_{ср.о})^3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{359} 174720,96}{6,92^3} = 1, \quad (П.4)$$

Значение  $A > 0$  указывает на то, что слева от максимума функции наклон кривой будет более крутой.

Степень кривизны может быть охарактеризована моментом четвертого порядка, т.е.  $\frac{1}{359} \sum r (П_{ср.} - П_{ср.о})^4$ .

Поскольку момент имеет размерность случайной величины четвертой степени, введем безразмерный параметр или коэффициент эксцесса:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum r (П_{ср.} - П_{ср.о})^4}{\sigma^4} - 3 = \frac{\frac{1}{359} 3578758,96}{6,92^4} - 3 = 1, \quad (П.5)$$

Так как  $E > 0$ , то распределение является островершинным. Значение отклонений, которые чаще всего встречаются в совокупности или мода, определяется по следующей формуле:

$$M_o = П_{m_o} + d \frac{r_{m_o} - r_{m_o-1}}{(r_{m_o} - r_{m_o-1}) + (r_{m_o} - r_{m_o+1})} = 2 + 2 \frac{53-44}{(43-44) + (53-43)} = 2,2, \quad (П.6)$$

где  $П_{m_o}$  – нижняя граница модального интервала;  $r_{m_o-1}$ ,  $r_{m_o}$ ,  $r_{m_o+1}$  – частоты предмодального, модального и послемодального интервалов.

Порядок расчета критерия согласия приведен в Таблице 4, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия.

Таблица П.2 – Числовые данные для расчета критерия согласия

Центр интервала <i>Пер</i>	Абсолютная частота, <i>r</i>	$r^2$	$r-r^2$	$(r-r^2)^2$	$(r-r^2)^2 / r^2$
-1	0	20,42			
0	31	34,74	0,96	0,92	0,11
1	44	47,82	18,58	345,28	22,39
2	53	53,29	7,42	55,05	2,15
3	43	48,18	-4,74	22,45	0,61
4	30	35,53	-16,69	278,57	6,10
5	26	21,77	-0,25	0,06	0,00
6	18	11,78	-14,13	199,74	4,33
7	15	6,71	0,20	0,04	0,00
8	7	5,19	-1,60	2,55	0,09
9	6	5,45	-12,86	165,49	8,77
10	6	6,31	5,55	30,82	2,29
11	5	7,18	1,56	2,44	0,21
12	8	7,78	0,19	0,04	0,00
13	8	8,00	-4,22	17,81	1,35
14	5	7,78	-4,54	20,62	1,42
15	6	7,17	-0,04	0,00	0,00
16	6	6,25	-5,41	29,25	2,03
17	5	5,16	-3,74	14,00	1,10
18	3	4,03	-4,39	19,26	1,85
19	6	2,98	-0,81	0,65	0,08
20	5	2,09	-1,41	1,98	0,37
21	3	1,38	2,55	6,50	1,88
22	3	0,87	0,97	0,94	0,46
23	4	0,52	3,90	15,21	13,82
24	1	0,29	4,45	19,80	36,02
25	4	0,15	3,75	14,04	55,44
26	2	0,08	3,89	15,15	141,01
27	2	0,04			
28	0	0,02			
29	2	0,01			
30	2	0,00			
	$\Sigma = 359$	$\Sigma = 358,94$			$\Sigma = 303,91$

#### Б.4. Определение закономерности распределения значений отклонений стел по оси

Таблица П.3 – Вспомогательные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений

Центр интервала $П_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$	$x \cdot r$	$x^2$	$x^2 r$
-1	-3	0	0,000	9,000	0
0	-2,5	7	-17,500	6,250	43,75
1	-2	15	-30,000	4,000	60
2	-1,5	25	-37,500	2,250	56,25
3	-1	20	-20,000	1,000	20
4	-0,5	18	-9,000	0,250	4,5
5	0	22	0,000	0,000	0
6	0,5	19	9,500	0,250	4,75
7	1	20	20,000	1,000	20
8	1,5	21	31,500	2,250	47,25
9	2	19	38,000	4,000	76
10	2,5	19	47,500	6,250	118,75
11	3	14	42,000	9,000	126
12	3,5	11	38,500	12,250	134,75
13	4	9	36,000	16,000	144
14	4,5	11	49,500	20,250	222,75
15	5	16	80,000	25,000	400
16	5,5	9	49,500	30,250	272,25
17	6	8	48,000	36,000	288
18	6,5	7	45,500	42,250	295,75
19	7	6	42,000	49,000	294
20	7,5	7	52,500	56,250	393,75
21	8	3	24,000	64,000	192
22	8,5	6	51,000	72,250	433,5
23	9	1	9,000	81,000	81
24	9,5	4	38,000	90,250	361
25	10	5	50,000	100,000	500
26	10,5	6	63,000	110,250	661,5
27	11	2	22,000	121,000	242
28	11,5	4	46,000	132,250	529
29	12	4	48,000	144,000	576
30	12,5	5	62,500	156,250	781,25
31	13	4	52,000	169,000	676
32	13,5	2	27,000	182,250	364,5
33	14	1	14,000	196,000	196
34	14,5	2	29,000	210,250	420,5
35	15	3	45,000	225,000	675
36	15,5	1	15,500	240,250	240,25
37	16	0	0,000	256,000	0
		$\Sigma = 356$	$\Sigma = 1112$		$\Sigma = 9952,00$

Среднее арифметическое значение можно представить, как центр группирования случайной величины:

$$Пср.о = \frac{\sum x r}{n} d + 5 = \frac{1112}{356} 2 + 5 = 11,247, \quad (П.7)$$

Отклонения от среднего значения ( $П_{ср} - П_{ср.о}$ ) описывают разброс исходных данных около этого значения. Дисперсия вычисляется как:

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n} + \left( \sum x^2 \cdot r - \frac{(\sum x r)^2}{5} \right) = \frac{2^2}{356} + \left( 9952 - \frac{1112^2}{356} \right) = 72,79, \quad (П.8)$$

При этом положительное значение квадратного корня из дисперсии характеризует среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{72,79} = 8,532, \quad (П.9)$$

Количественной характеристикой асимметричности (скошенности) распределения отклонений является коэффициент асимметрии:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum r (Пср. - Пср.о)^3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{356} 211049,32}{8,532^3} = 1, \quad (П.10)$$

Значение  $A > 0$  указывает на то, что слева от максимума функции наклон кривой будет более крутой.

Степень кривизны может быть охарактеризована моментом четвертого порядка, т.е.  $\frac{1}{356} \sum r (Пср. - Пср.о)^4$ .

Поскольку момент имеет размерность случайной величины четвертой степени, введем безразмерный параметр или коэффициент эксцесса:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum r (Пср. - Пср.о)^4}{\sigma^4} - 3 = \frac{\frac{1}{356} 5973620}{8,532^4} - 3 = 0, \quad (П.11)$$

Так как  $E = 0$ , то распределение является не островершинным и не плосковершинным, а нормальным.

Значение отклонений, которые чаще всего встречаются в совокупности или мода, определяется по следующей формуле:

$$M_o = П_{m_o} + d \frac{r_{m_o} - r_{m_o-1}}{(r_{m_o} - r_{m_o-1}) + (r_{m_o} - r_{m_o+1})} = 5 + 2 \frac{22-18}{(22-18) + (22-19)} = 5,67, \quad (П.12)$$

где  $П_{m_o}$  – нижняя граница модального интервала;  $r_{m_o-1}$ ,  $r_{m_o}$ ,  $r_{m_o+1}$  – частоты предмодального, модального и послемодального интервалов.

Порядок расчета критерия согласия приведен в Таблице 4, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия.

Таблица П.4 – Числовые данные для расчета критерия согласия

Центр интервала $P_{cp}$	Абсолютная частота, $r$	$r^f$	$r-r^f$	$(r-r^f)^2$	$(r-r^f)^2 / r^f$
-1	0	10,53			
0	7	13,37	0,96	0,92	0,11
1	15	16,25	18,58	345,28	22,39
2	25	18,92	7,42	55,05	2,15
3	20	21,09	-4,74	22,45	0,61
4	18	22,52	-16,69	278,57	6,10
5	22	23,04	-0,25	0,06	0,00
6	19	22,64	-14,13	199,74	4,33
7	20	21,44	0,20	0,04	0,00
8	21	19,76	-1,60	2,55	0,09
9	19	18,02	-12,86	165,49	8,77
10	19	16,70	5,55	30,82	2,29
11	14	16,11	1,56	2,44	0,21
12	11	16,29	0,19	0,04	0,00
13	9	16,86	-4,22	17,81	1,35
14	11	17,18	-4,54	20,62	1,42
15	16	16,63	-0,04	0,00	0,00
16	9	14,88	-5,41	29,25	2,03
17	8	12,14	-3,74	14,00	1,10
18	7	8,93	-4,39	19,26	1,85
19	6	5,91	-0,81	0,65	0,08
20	7	3,50	-1,41	1,98	0,37
21	3	1,86	2,55	6,50	1,88
22	6	0,88	0,97	0,94	0,46
23	1	0,37	3,90	15,21	13,82
24	4	0,14	4,45	19,80	36,02
25	5	0,05	3,75	14,04	55,44
26	6	0,01	3,89	15,15	141,01
27	2	0,00	3,96	15,67	0,00
28	4	0,00	0,98	0,97	0,00
29	4	0,00	4,99	24,90	0,00
30	5	0,00	5,00	25,00	0,00
31	4	0,00	1,00	1,00	0,00
32	2	0,00	1,00	1,00	0,00
33	1	0,00	2,00	4,00	0,00
34	2	0,00	0,00	0,00	0,00
35	3	0,00	2,00	4,00	0,00
36	1	0,00			
37	0	0,00			
	$\Sigma = 356$	$\Sigma = 356,06$			$\Sigma = 303,91$

### Б.5. Определение закономерности распределения значений отклонений толщины сечения стен от проектных значений

Таблица П.5 – Вспомогательные данные для расчета эмпирических характеристик распределения отклонений

Центр интервала $П_{cp}$	$x$	Абсолютная частота, $r$	$x \cdot r$	$x^2$	$x^2 r$
-1	-2	0	0,000	4,000	0,000
0	-1,5	27	-40,500	2,250	60,750
1	-1	23	-23,000	1,000	23,000
2	-0,5	40	-20,000	0,250	10,000
3	0	40	0,000	0,000	0,000
4	0,5	39	19,500	0,250	9,750
5	1	32	32,000	1,000	32,000
6	1,5	31	46,500	2,250	69,750
7	2	15	30,000	4,000	60,000
8	2,5	24	60,000	6,250	150,000
9	3	15	45,000	9,000	135,000
10	3,5	7	24,500	12,250	85,750
11	4	9	36,000	16,000	144,000
12	4,5	6	27,000	20,250	121,500
13	5	5	25,000	25,000	125,000
14	5,5	11	60,500	30,250	332,750
15	6	5	30,000	36,000	180,000
16	6,5	5	32,500	42,250	211,250
17	7	7	49,000	49,000	343,000
18	7,5	3	22,500	56,250	168,750
19	8	1	8,000	64,000	64,000
20	8,5	0	0,000	72,250	0,000
21	9	3	27,000	81,000	243,000
22	9,5	2	19,000	90,250	180,500
23	10	0	0,000	100,000	0,000
		$\Sigma = 350$	$\Sigma = 510,5$		$\Sigma = 2749,75$

Среднее арифметическое значение можно представить, как центр группирования случайной величины:

$$П_{cp.o} = \frac{\Sigma x r}{n} d + 3 = \frac{510,5}{350} 2 + 3 = 5,917, \quad (П.13)$$

Отклонения от среднего значения ( $П_{cp} - П_{cp.o}$ ) описывают разброс исходных данных около этого значения. Дисперсия вычисляется как:

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n} + \left( \Sigma x^2 \cdot r - \frac{(\Sigma x r)^2}{n} \right) = \frac{2^2}{350} + \left( 2749,75 - \frac{510,5^2}{350} \right) = 22,92, \quad (П.14)$$

При этом положительное значение квадратного корня из дисперсии характеризует среднеквадратическое (стандартное) отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{22,92} = 4,787, \quad (\text{П.15})$$

Количественной характеристикой асимметричности (скошенности) распределения отклонений является коэффициент асимметрии:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum r (\text{Пср.} - \text{Пср.о})^3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{350} 43790,89}{4,787^3} = 1, \quad (\text{П.16})$$

Значение  $A > 0$  указывает на то, что слева от максимума функции наклон кривой будет более крутой.

Степень кривизны может быть охарактеризована моментом четвертого порядка, т.е.  $\frac{1}{350} \sum r (\text{Пср.} - \text{Пср.о})^4$ .

Поскольку момент имеет размерность случайной величины четвертой степени, введем безразмерный параметр или коэффициент эксцесса:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum r (\text{Пср.} - \text{Пср.о})^4}{\sigma^4} - 3 = \frac{\frac{1}{350} 710562,15}{4,787^4} - 3 = 1, \quad (\text{П.17})$$

Так как  $E > 0$ , то распределение является островершинным. Значение отклонений, которые чаще всего встречаются в совокупности или мода, определяется по следующей формуле:

$$M_o = \text{П}_{m_o} + d \frac{r_{m_o} - r_{m_o-1}}{(r_{m_o} - r_{m_o-1})(r_{m_o} - r_{m_o+1})} = 3 + 2 \frac{40-23}{(40-23)(40-39)} = 5, \quad (\text{П.18})$$

где  $\text{П}_{m_o}$  – нижняя граница модального интервала;  $r_{m_o-1}$ ,  $r_{m_o}$ ,  $r_{m_o+1}$  – частоты предмодального, модального и послемодального интервалов.

Порядок расчета критерия согласия приведен в Таблице П.6, в котором частоты меньше 5 объединены согласно условиям применения критерия.

Таблица П.6 – Числовые данные для расчета критерия согласия

Центр интервала <i>Пср</i>	Абсолютная частота, <i>r</i>	$r^t$	$r \cdot r^t$	$(r \cdot r^t)^2$	$(r \cdot r^t)^2 / r^t$
-1	0	19,86			
0	27	26,98	0,96	0,92	0,11
1	23	33,58	18,58	345,28	22,39



Центр интервала <i>Пер</i>	Абсолютная частота, <i>r</i>	$r^d$	$r-r^d$	$(r-r^d)^2$	$(r-r^d)^2 / r^d$
2	40	38,29	7,42	55,05	2,15
3	40	40,00	-4,74	22,45	0,61
4	39	38,29	-16,69	278,57	6,10
5	32	33,58	-0,25	0,06	0,00
6	31	26,98	-14,13	199,74	4,33
7	15	19,86	0,20	0,04	0,00
8	24	13,40	-1,60	2,55	0,09
9	15	8,32	-12,86	165,49	8,77
10	7	5,03	5,55	30,82	2,29
11	9	4,00	1,56	2,44	0,21
12	6	5,78	0,19	0,04	0,00
13	5	9,36	-4,22	17,81	1,35
14	11	11,20	-4,54	20,62	1,42
15	5	8,93	-0,04	0,00	0,00
16	5	4,65	-5,41	29,25	2,03
17	7	1,58	-3,74	14,00	1,10
18	3	0,35	-4,39	19,26	1,85
19	1	0,05	-0,81	0,65	0,08
20	0	0,00	-1,41	1,98	0,37
21	3	0,00	2,55	6,50	1,88
22	2	0,00	0,97	0,94	0,46
23	0	0,00	3,90	15,21	13,82
24	0	0,00	4,45	19,80	36,02
25	0	0,00	3,75	14,04	55,44
26	1	0,00	3,89	15,15	141,01
	$\Sigma = 350$	$\Sigma = 350,06$			$\Sigma = 303,91$

**ПРИЛОЖЕНИЕ В.  
МАТЕРИАЛЫ ТРЕТИЙ ГЛАВЫ**

**В.1 Вспомогательные данные для расчета коэффициента Конкордации**

Таблица П.7 – Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги	Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	3	1,5	26	7	29,5
2	3	1,5	27	7	29,5
3	4	5	28	7	29,5
4	4	5	29	7	29,5
5	4	5	30	7	29,5
6	4	5	31	7	29,5
7	4	5	32	7	29,5
8	5	11,5	33	7	29,5
9	5	11,5	34	8	37
10	5	11,5	35	8	37
11	5	11,5	36	8	37
12	5	11,5	37	8	37
13	5	11,5	38	8	37
14	5	11,5	39	8	37
15	5	11,5	40	8	37
16	6	20,5	41	9	42
17	6	20,5	42	9	42
18	6	20,5	43	9	42
19	6	20,5	44	10	46,5
20	6	20,5	45	10	46,5
21	6	20,5	46	10	46,5
22	6	20,5	47	10	46,5
23	6	20,5	48	10	46,5
24	6	20,5	49	10	46,5
25	6	20,5			

В оценках второго эксперта имеются связанные ранги, поэтому производится переформирование рангов, согласно Таблице П.8

Таблица П.8 – Переформирование рангов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги	Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	1	1	26	8	22,5
2	2	2	27	9	31
3	3	4,5	28	9	31
4	3	4,5	29	9	31

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги	Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
5	3	4,5	30	9	31
6	3	4,5	31	9	31
7	4	7	32	9	31
8	5	10,5	33	9	31
9	5	10,5	34	9	31
10	5	10,5	35	9	31
11	5	10,5	36	10	42,5
12	5	10,5	37	10	42,5
13	5	10,5	38	10	42,5
14	6	14,5	39	10	42,5
15	6	14,5	40	10	42,5
16	7	17	41	10	42,5
17	7	17	42	10	42,5
18	7	17	43	10	42,5
19	8	22,5	44	10	42,5
20	8	22,5	45	10	42,5
21	8	22,5	46	10	42,5
22	8	22,5	47	10	42,5
23	8	22,5	48	10	42,5
24	8	22,5	49	10	42,5
25	8	22,5			

## В.2 Оценка степени согласованности мнений экспертов.

Расчет числа видов повторяющихся элементов в оценках с 2-го по 23-го эксперта для определения степени согласованности мнений экспертов путем вычисления коэффициента конкордации, согласно формулам 3.3, 3.4, приведённых в третьей главе.

$$T_2 = [(14^3-14) + (3^3-3) + (8^3-8) + (6^3-6) + (9^3-9) + (4^3-4) + (2^3-2)]/12 = 354,5 \text{ (П.19)}$$

$$T_3 = [(6^3-6) + (3^3-3) + (4^3-4) + (6^3-6) + (7^3-7) + (3^3-3) + (3^3-3) + (8^3-8) + (4^3-4) + (5^3-5)]/12 = 131, \text{ (П.20)}$$

$$T_4 = [(7^3-7) + (7^3-7) + (6^3-6) + (4^3-4) + (8^3-8) + (8^3-8) + (5^3-5) + (3^3-3)]/12 = 174,5, \text{ (П.21)}$$

$$T_5 = [(8^3-8) + (3^3-3) + (7^3-7) + (3^3-3) + (3^3-3) + (10^3-10) + (3^3-3) + (4^3-4) + (5^3-5) + (2^3-2)]/12 = 176, \text{ (П.22)}$$

$$T_6 = [(7^3-7) + (7^3-7) + (5^3-5) + (7^3-7) + (6^3-6) + (5^3-5) + (5^3-5) + (3^3-3) + (2^3-2)]/12 = 134, \text{ (П.23)}$$

$$T_7 = [(5^3-5) + (10^3-10) + (7^3-7) + (2^3-2) + (3^3-3) + (2^3-2) + (6^3-6) + (9^3-9) + (5^3-5)]/12 =$$

211, (П.24)

$$T_8 = [(2^3-2) + (7^3-7) + (6^3-6) + (11^3-11) + (5^3-5) + (3^3-3) + (7^3-7) + (6^3-6) + (2^3-2)]/12 = 214, \text{ (П.25)}$$

$$T_9 = [(4^3-4) + (7^3-7) + (10^3-10) + (2^3-2) + (8^3-8) + (7^3-7) + (5^3-5) + (4^3-4) + (2^3-2)]/12 = 201,5, \text{ (П.26)}$$

$$T_{10} = [(4^3-4) + (5^3-5) + (5^3-5) + (4^3-4) + (4^3-4) + (12^3-12) + (11^3-11) + (3^3-3)]/12 = 290, \text{ (П.27)}$$

$$T_{11} = [(7^3-7) + (10^3-10) + (5^3-5) + (2^3-2) + (2^3-2) + (7^3-7) + (10^3-10) + (4^3-4)]/12 = 237, \text{ (П.28)}$$

$$T_{12} = [(4^3-4) + (5^3-5) + (7^3-7) + (5^3-5) + (3^3-3) + (10^3-10) + (5^3-5) + (5^3-5) + (4^3-4)]/12 = 162,5, \text{ (П.29)}$$

$$T_{13} = [(6^3-6) + (5^3-5) + (8^3-8) + (4^3-4) + (5^3-5) + (3^3-3) + (12^3-12) + (5^3-5)]/12 = 239,5, \text{ (П.30)}$$

$$T_{14} = [(7^3-7) + (14^3-14) + (2^3-2) + (9^3-9) + (5^3-5) + (2^3-2) + (5^3-5) + (2^3-2) + (2^3-2)]/12 = 337,5, \text{ (П.31)}$$

$$T_{15} = [(6^3-6) + (9^3-9) + (4^3-4) + (3^3-3) + (2^3-2) + (10^3-10) + (7^3-7) + (7^3-7)]/12 = 223,5, \text{ (П.32)}$$

$$T_{16} = [(6^3-6) + (3^3-3) + (8^3-8) + (7^3-7) + (5^3-5) + (5^3-5) + (9^3-9) + (3^3-3) + (2^3-2)]/12 = 172, \text{ (П.33)}$$

$$T_{17} = [(3^3-3) + (8^3-8) + (10^3-10) + (4^3-4) + (2^3-2) + (4^3-4) + (13^3-13) + (4^3-4)]/12 = 324, \text{ (П.34)}$$

$$T_{18} = [(5^3-5) + (7^3-7) + (4^3-4) + (3^3-3) + (7^3-7) + (9^3-9) + (3^3-3) + (5^3-5) + (6^3-6)]/12 = 162,5 \text{ (П.35)}$$

$$T_{19} = [(3^3-3) + (3^3-3) + (5^3-5) + (5^3-5) + (2^3-2) + (11^3-11) + (8^3-8) + (5^3-5) + (6^3-6)]/12 = 204, \text{ (П.36)}$$

$$T_{20} = [(4^3-4) + (14^3-14) + (4^3-4) + (4^3-4) + (5^3-5) + (5^3-5) + (2^3-2) + (6^3-6) + (5^3-5)]/12 = 290,5, \text{ (П.37)}$$

$$T_{21} = [(5^3-5) + (9^3-9) + (8^3-8) + (2^3-2) + (3^3-3) + (6^3-6) + (9^3-9) + (2^3-2) + (3^3-3)]/12 = 194,5, \text{ (П.38)}$$

$$T_{22} = [(6^3-6) + (9^3-9) + (5^3-5) + (3^3-3) + (7^3-7) + (4^3-4) + (2^3-2) + (2^3-2) + (9^3-9)]/12 = 183,5, \text{ (П.39)}$$

$$T_{23} = [(4^3-4) + (10^3-10) + (4^3-4) + (6^3-6) + (9^3-9) + (3^3-3) + (7^3-7) + (5^3-5)]/12 = 210, \text{ (П.40)}$$

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г.**  
**ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЫ**

1



**ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ СТРОИТЕЛЬСТВА»**  
127576, г. Москва, улица Новгородская,  
дом 1, строение А, офис 509  
ИНН 9701049811 КПП 771501001  
Телефон: 8 (495) 162-64-42  
E-mail: mail@niexp.com  
www.niexp.com

**АКТ**

**о внедрении результатов диссертационной работы**

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт проектирования, технологии и экспертизы строительства» (ООО «НИИ ПТЭС») в период с мая 2020г. по май 2021г. выполняло комплекс работ по обследованию и техническому сопровождению объекта реконструкции и приспособления жилого дома с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Вознесенский пер., вл. 11, стр. 3

В рамках технического сопровождения объекта выполнялась организация работ по формированию, комплектации и сопровождению документации, необходимой для получения положительного заключения органа государственного строительного надзора (в соответствии с частью 1 статьи 54 Градостроительного кодекса Российской Федерации) о соответствии построенного, реконструированного объекта капитального строительства (ЗОС).

Настоящим актом подтверждаем факт внедрения результатов диссертационного исследования **Куренкова Олега Геннадьевича** на тему «**Оценка и оптимизация отклонений при устройстве строительных конструкций**», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 05.23.08 – «Технология и организация строительства», при осуществлении деятельности по техническому сопровождению и получению заключения о соответствии (ЗОС).

2

В процессе выполнения комплекса работ по объекту реконструкции, основные положения диссертационного исследования, а также разработанная система мероприятий по предотвращению возникновения ненормативных отклонений была применена при возведении монолитных несущих железобетонных конструкций, а также при итоговой приемке выполненных строительных конструкций инспектором Комитета государственного строительного надзора (Мосгосстройнадзор). Результатом работ является положительное заключение о соответствии (ЗОС), выданное Мосгосстройнадзором.

Генеральный директор



В. А. Моря



ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ СТРОИТЕЛЬСТВА»  
127576, г. Москва, улица Новгородская,  
дом 1, строение А, офис 509  
ИНН 9701049811 КПП 771501001  
Телефон: 8 (495) 162-64-42  
E-mail: mail@niexp.com  
www.niexp.com

## АКТ

### о внедрении результатов диссертационной работы

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт проектирования, технологии и экспертизы строительства» (ООО «НИИ ПТЭС») в период с сентября 2021г. по декабрь 2021г. принимало участие в разработке проекта государственного стандарта «ГОСТ Р. Документация исполнительная. **Формирование и ведение в электронном виде**», который направлен на реализацию требований Градостроительного кодекса Российской Федерации, Федерального закона от 30.12.2009 №384-ФЗ.

Целью разработки настоящего стандарта является установление требований к процессам формирования и ведения исполнительной документации в электронном виде на строительной площадке в процессе производства строительного-монтажных работ, реализация которых обеспечит сокращение документооборота на бумажных носителях и уменьшение трудозатрат, необходимых на формирование и ведение исполнительной документации при строительстве объектов капитального строительства. Также стандарт разработан в целях уменьшения трудозатрат специалистов на подготовку, оформление, ведение и подписание журналов учёта выполнения работ и исполнительной документации посредством внедрения процессов цифровизации в деятельность по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства.

Сотрудники ООО «НИИ ПТЭС», в том числе **Куренков Олег Геннадьевич**, который является одним из соавторов стандарта, принимали активное участие в разработке основных пунктов разделов и подразделов, а также в публичном

обсуждении проекта стандарта с организациями строительной отрасли различных направлений.

Настоящим актом подтверждаем факт внедрения основных положений диссертационного исследования **Куренкова Олега Геннадьевича** на тему **«Оценка и оптимизация отклонений при устройстве строительных конструкций»**, представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 05.23.08 – «Технология и организация строительства», при разработке указанного государственного стандарта.

Генеральный директор



В. А. Муря





МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ  
(Росстандарт)

## П Р И К А З

19 мая 2022 г.

337-ст

№ \_\_\_\_\_

Москва

### Об утверждении национального стандарта Российской Федерации

В соответствии со статьей 24 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 70108 -2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде» с датой введения в действие 1 января 2023 года.

Введен впервые.

2. Управлению стандартизации обеспечить размещение информации об утвержденном настоящим приказом стандарте на официальном сайте Росстандарта в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – официальный сайт) с учетом законодательства о стандартизации.

3. Федеральному государственному бюджетному учреждению «Российский институт стандартизации» разместить утвержденный настоящим приказом стандарт на официальном сайте в установленном порядке.

4. Закрепить утвержденный настоящим приказом стандарт за техническим комитетом по стандартизации №465 «Строительство» (ТК 465).

Руководитель

А.П.Шалаев

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП  
хранится в системе электронного документооборота  
Федерального агентства по техническому регулированию и  
метрологии.

#### СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат: 02A929B5000BAEF7814AV38FF70B046437  
Кому выдан: Шалаев Антон Павлович  
Действителен: с 27.12.2021 до 27.12.2022

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д.**  
**АНКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА**

**Анкета для диссертационного исследования**  
**«Оценка факторов влияния на отклонения строительных конструкций»**  
**(«Оценка и оптимизация отклонений при устройстве строительных конструкций»)**

**Наименование образовательной организации:** ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

**Тема диссертационного исследования:** «Оценка и предотвращение отклонений при устройстве несущих монолитных строительных конструкций зданий и сооружений»  
(«Оценка и оптимизация отклонений при устройстве строительных конструкций»)

**Цели и задачи опроса:**

Построение модели управления параметрами влияющих факторов на отклонения конструкций;

Определение многофакторной регрессионной модели;

Выявление факторов, влияющих на отклонения строительных монолитных несущих конструкций;

Определение значимости (величины влияния) отдельных факторов.

Как показывает практика, факторов, влияющих на качество выполненных строительных конструкций может быть множество, от брака при производстве работ, до некачественного или неполного отображения показателей информационного блока конструктивно-технологической документации. Одни факторы могут иметь прямое влияние (например, несоответствие используемых материалов проектным характеристикам), другие – косвенное (сжатые сроки строительства или низкое качество технологических решений).

В данной анкете приведены все возможные факторы, исходя из научных публикаций, требований нормативно-технологической документации, требований проектной документации и личном опыте в данной профессиональной сфере.

**1. В таблице ниже присвойте, на ваше усмотрение, опираясь на личный профессиональный опыт, к каждому из представленных факторов соответствующую величину влияния на отклонения строительных конструкций от 0 до 10, где 0 – абсолютно не влияет, а 10 – максимально влияет на возникшие отклонения.**

Анкета является анонимной, а результаты анкетирования лягут основу диссертационного исследования. В процессе активирования можете указать факторы, которые по вашему мнению следует учесть и которые не вошли в данную таблицу.

№ п.п.	Группа факторов	Фактор	Шифр фактора	Величина влияния фактора от 0 до 10
1	Техническо-исполнительские факторы	Несоответствие привозимых материалов проектным характеристикам	$X_{1,1}$	
2		Погрешности измерительных приборов, контролирующих отклонения конструкций от проектных значений	$X_{1,2}$	

№ п.п.	Группа факторов	Фактор	Шифр фактора	Величина влияния фактора от 0 до 10	
3		Ошибки в привязке к осям (разбивочной геодезической основе) или существующим конструктивным элементам	$X_{1,3}$		
4		Наличие отклонений основания и нижележащих конструкций, выходящих за пределы нормативных значений	$X_{1,4}$		
5		Недостаток квалификации строительного персонала	$X_{1,5}$		
6		Неправильная установка опалубочных щитов (несоблюдение требуемых размеров)	$X_{1,6}$		
7		Отсутствие требуемого затягивания замков опалубки	$X_{1,7}$		
8		Неправильное крепление деталей опалубки	$X_{1,8}$		
9		Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации	$X_{1,9}$		
10		Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям	$X_{1,10}$		
11		Несоблюдение проектных размеров установки опалубочных щитов	$X_{1,11}$		
12		Несоблюдении вертикальности опалубочных щитов	$X_{1,12}$		
13		Превышение значений неровностей внутренней поверхности опалубки предельных нормативных значений	$X_{1,13}$		
14		Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание	$X_{1,14}$		
15		Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки	$X_{1,15}$		
16		Процедурно - технологические	Нарушение правильности хранения опалубочных элементов	$X_{2,1}$	
17			Нарушение правильности складирования и хранения арматурных элементов	$X_{2,2}$	
18	Использование дефектной опалубочной системы		$X_{2,3}$		
19	Отсутствие учета влияния имеющихся отклонений нижележащих конструкций		$X_{2,4}$		
20	Отсутствие обработки поверхности рабочих швов		$X_{2,5}$		

№ п.п.	Группа факторов	Фактор	Шифр фактора	Величина влияния фактора от 0 до 10	
21		При бетонировании массивной конструкции не рассчитана толщина слоя укладываемого бетона	$X_{2,6}$		
22		Нарушение технологии бетонирования	$X_{2,7}$		
23		Нарушение технологии ухода за бетоном (температурно-влажностного режима)	$X_{2,8}$		
24		Непрофессиональный демонтаж опалубки (вследствие чего возникают сколы)	$X_{2,9}$		
25		Время перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без сооружения рабочего шва превышает установленное проектом и нормами	$X_{2,10}$		
26		Несвоевременное удаление элементов расчески из конструкций (вилатерм, металлическая сетка)	$X_{2,11}$		
27		Наличие дополнительной неучтенной нагрузки в период выдерживания бетона до приобретения прочности не менее 1,5 Мпа	$X_{2,12}$		
28		Нарушение схемы операционного контроля со стороны ИТР	$X_{2,13}$		
29		Неприбытие представителей служб надзора	$X_{2,14}$		
30		Несогласованные конструктивные решения и комбинации по выставлению опалубки (самовольные решения)	$X_{2,15}$		
31		Несоблюдение очередности выполнения работ	$X_{2,16}$		
32		Организационно-управленческие факторы	Недостаток финансирования	$X_{3,1}$	
33			Отсутствие мотивации	$X_{3,2}$	
34			Сжатые сроки	$X_{3,3}$	
35			Халатность строительного персонала	$X_{3,4}$	
36			Нерациональное использование трудовых ресурсов (внутрисменные простои, непроизводственные затраты)	$X_{3,5}$	
37	Нерациональное использование технических ресурсов		$X_{3,6}$		
38	Нерациональное использование материальных ресурсов		$X_{3,7}$		
39	Проектно-конструкторские и технологические	Отсутствие у застройщика проектных решений для конкретных участков конструкций с детальной проработкой узлов	$X_{4,1}$		

№ п.п.	Группа факторов	Фактор	Шифр фактора	Величина влияния фактора от 0 до 10
40	ские факторы	Низкое качество технологических решений	$X_{4,2}$	
41		Низкое качество объемно-планировочных решений	$X_{4,3}$	
42		Низкое качество конструктивных решений	$X_{4,4}$	
43		Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции)	$X_{4,5}$	
44		Недостаток информации в конструкторско-технологической документации	$X_{4,6}$	
45		Низкое качество разработки ППР	$X_{4,7}$	
46		Неполное отображение информации в проектной/рабочей документации (непрофессиональное оформление)	$X_{4,8}$	
47	Факторы информационно-технологического блока	Некорректное оформление исполнительной документации – погрешности отображения значений отклонений	$X_{5,1}$	
48		Отсутствие всех необходимых линейных размеров выполненных конструкций, в том числе привязки их к осям или иным конструктивным элементам	$X_{5,2}$	
49		Отсутствие всех необходимых высотных отклонений выполненных ранее конструкций	$X_{5,3}$	

**2. На основе предоставленного к анкете анализа статистических данных отклонений монолитных железобетонных конструкций, приведенного автором анкеты, а также Вашего практического опыта в профессиональной сфере в специальной ячейке ниже укажите вероятную величину отклонения (мм.) конструкций при суммарном влиянии представленных факторов, основываясь на их величине влияния.**

Наиболее вероятная величина отклонения в мм.  
(отклонение толщины сечения конструкций, отклонение по оси от проектных значений)

величина отклонения

Анкета составлена на 4 листах.

Автор анкеты: Аспирант кафедры «Технологий и организации строительного производства»  
НИУ МГСУ Куренков О.Г. [oleg9657425@mail.ru](mailto:oleg9657425@mail.ru)