

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет»

*На правах рукописи*



**Муря Вадим Александрович**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ  
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

05.02.22 – Организация производства (строительство)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
**Лapidус Азарий Абрамович**

Москва – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ.....	14
1.1. Исследование организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.....	15
1.2. Обзор существующих методик и способов оптимизации организационно-технических решений.....	21
1.2.1. Организационно-технические решения на стадии проектно- изыскательских работ.....	23
1.2.2. Организационно-технические решения на стадии строительного- монтажных работ.....	24
1.3. Нормативно-техническая база возведения конструктивных элементов монолитных зданий.....	25
1.4. Обзор научных исследований на тему диссертационной работы.....	26
1.5. Выводы по главе 1.....	31
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	32
2.1. Метод планирования эксперимента при формировании влияющих факторов.....	33
2.2. Метод системного анализа в строительстве.....	36
2.3. Понятие комплексного показателя качества организационно- технических решений.....	38
2.4. Формирование влияющих факторов и параметров.....	40
2.5. Исследование и оценка влияющих факторов при помощи индивидуального экспертного опроса.....	53
2.6. Искусственные нейронные сети как математический аппарат для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений.....	57
2.7. Выводы по главе 2.....	66
ГЛАВА 3. МОДЕЛЬ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	68
3.1. Принцип работы искусственной нейронной сети.....	69

3.1.1. Структура искусственной нейронной сети в параметрической модели.....	76
3.1.2. Обучение искусственной нейронной сети.....	80
3.1.3. Принципы перекрестной проверки результатов расчета комплексного показателя качества параметрической модели.....	84
3.2. Алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений.....	86
3.3. Определение граничных и нормального значений комплексного показателя качества организационно-технических решений.....	93
3.4. Формирование методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.....	102
3.5. Выводы по главе 3.....	106
<b>ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ.....</b>	<b>108</b>
4.1. Описание объекта капитального строительства.....	108
4.2. Определение комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитного многоэтажного здания.....	111
4.3. Внедрение методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания.....	117
4.4. Оценка экономической эффективности применения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.....	123
4.5. Выводы по главе 4.....	124
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>126</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>129</b>
Приложение А. Бланки экспертного опроса.....	145
Приложение Б. Перечень возможных значений комплексного показателя качества ОТР.....	180
Приложение В. Рекомендации для корректировки ОТР.....	183
Приложение Г. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.....	191
Приложение Д. Акт о внедрении результатов диссертационного исследования.....	192

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Современный строительный рынок диктует жесткие правила производительности труда, качества продукции, эффективности организации процессов и финансовой экономичности. Потребность в инструменте оптимизации организации возведения конструктивных элементов здания является наиболее актуальным аспектом процесса строительства. В области организации строительного производства основную роль играют принимаемые организационно-технические решения (ОТР), оказывающие прямое влияние на процессы и результат строительной деятельности.

В существующем положении строительной отрасли формирование ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий происходит на базе нормативно-технической документации, методических указаний, стандартизированных технологических материалов и на индивидуальном опыте ответственных специалистов. Отсутствие комплексного подхода к оценке всех факторов и параметров, влияющих на качество принятых организационно-технических решений, зачастую приводит к появлению критических дефектов, часть которых являются неустранимыми, что увеличивает срок возведения конструктивных элементов зданий. Принимаемые организационно-технические решения не учитывают структурированные статистические данные и тем более не позволяют прогнозировать техническое состояние строительных конструкций до момента их фактического возведения. К тому же, процесс анализа причин появления дефектов, повреждений и отклонений конструктивных элементов зданий занимает значительное время.

Комплексный показатель качества организационно-технических решений объединяет в себе документальные и технические составляющие, что позволяет в полном объеме произвести учет факторов, влияющих на достижение конечной цели при возведении конструктивных элементов многоэтажных зданий – соответствии утвержденной проектной документации, надежности и безопасности конструкций.

Выявив зависимость между влияющими факторами организационно-технических решений и эффективностью организации процесса возведения конструктивных элементов многоэтажных зданий, возможно обоснованно предсказать вероятность достижения требуемого результата на любой стадии строительного процесса.

Эффективность применения метода оценки комплексного показателя качества организационно-технических решений определяется масштабным подходом к подбору факторов, определяющих организацию процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий [84]. При этом комплексный показатель качества позволяет выявлять параметры влияющих факторов с неудовлетворительными значениями. В этой связи важными вопросами в области исследования являются сокращение времени, затраченного на анализ появления дефектов конструктивных элементов; учет прогностических данных до начала строительства; предупреждение возникновения неустраняемых дефектов в конструктивных элементах зданий, сокращение продолжительности возведения конструктивных элементов. Особо значимо применение механизмов оптимизации организационно-технических решений для таких участников строительства, как застройщик и технический заказчик.

Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов, представляющая из себя возможность сокращения сроков возведения конструктивных элементов монолитных зданий за счет применения эффективных ОТР, либо за счет корректировки малоэффективных ОТР, характеризующихся комплексным показателем качества, является актуальной задачей в области исследования [106].

**Степень разработанности темы исследования** определена посредством анализа научно-технической литературы зарубежных и отечественных авторов. Системы интеллектуального анализа качества продукции, в том числе и строительной, активно разрабатываются и внедряются по всему миру. Строительная отрасль является наиболее сложной с точки зрения регламентирования элементов организационно-технических решений, что требует

детального ранжирования оцениваемых факторов и параметров. Многие аспекты данного направления освещены в научных трудах как частные элементы без учета их комплексной взаимосвязи на основе комплексного показателя качества.

Весомый вклад в развитие области организации и технологии производства внесли следующие авторы: Волков А. А., Гинзбург А. В., Лapidус А. А., Молодин В. В., Монфред Ю. Б., Олейник П. П., Киевский Л. В., Красновский Б. М., Ильин Н. И., Прыкин Б. В., Синенко С. А., Теличенко В. И. Румянцева В. Е., Федосов С. В., Опарина Л. А., Топчий Д. В., Кондрашкин О. Б., Казаков Д. А.

Однако область анализа, прогнозирования и определения показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий на всех этапах строительного производства остается актуальной для дальнейшего изучения [108]. По результатам литературного обзора зарубежных и отечественных источников не установлено наличие научных исследований, учитывающих взаимное влияние факторов и параметров в составе параметрической модели, формирующих эффективность организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий и учитывающих комплексные показатели, характеризующие организационно-технические решения. В изученных работах не встречается термин «комплексный показатель качества организационно-технических решений» при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Отсутствует структурный механизм оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

**Научно-техническая гипотеза исследования** заключается в возможности оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений за счет сокращения продолжительности возведения.

**Цель исследования** – оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

**Задачи исследования:**

1. Обзор научных исследований и существующих методик оптимизации организации строительства при возведении конструктивных элементов зданий. Анализ методов и средств организации возведения конструктивных элементов зданий. Обзор существующих методик и подходов при формировании модели процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

2. Формирование перечня факторов, параметров и характеристик, влияющих на оптимизацию организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

3. Формирование параметрической модели для определения комплексного показателя качества организационно-технических решений с применением искусственной нейронной сети (ИНС). Определение граничных и нормальных значений комплексного показателя качества ОТР. Выявление зависимости значения комплексного показателя качества организационно-технических решений от сроков возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

4. Разработка методики оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества ОТР с использованием программного комплекса для ЭВМ, обеспечивающего обучение и работу параметрической модели.

5. Апробация и внедрение методики оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

**Объект исследования** – процесс возведения конструктивных элементов монолитных многоэтажных зданий.

**Предмет исследования** – организационно-технические решения при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

**Научная новизна исследования:**

1. Введен термин «комплексный показатель качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных

зданий», подразумевающий под собой системную характеристику эффективности применяемых организационно-технических решений.

2. Сформирована система факторов, влияющих на организацию возведения конструктивных элементов зданий, детерминированных на параметры.

3. Разработана параметрическая модель расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений с применением искусственной нейронной сети на основе выявления зависимости значения комплексного показателя качества ОТР от продолжительности возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Определены граничные и нормальные значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

4. Предложена методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений. Отличительной особенностью результатов исследования являются динамичность и обучаемость параметрической модели расчета комплексного показателя качества ОТР, а также возможность адаптации методики с учетом особенностей объекта капитального строительства [95].

#### **Теоретическая значимость исследования:**

1. Сформирован перечень факторов и параметров, влияющих на оптимизацию организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

2. Определены синаптические веса факторов, влияющих на повышение эффективности организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

3. Определены граничные и нормальные значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

4. Установлена зависимость комплексного показателя качества организационно-технических решений от продолжительности возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

5. Сформированы параметрическая модель и алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

**Практическая значимость исследования** состоит в возможности применения разработанной методики при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий для оптимизации за счет повышения эффективности организационно-технических решений.

Результаты научного исследования применимы строительными организациями, действующими в рамках договоров подряда на устройство монолитных конструктивных элементов зданий, а также организациями, осуществляющими функции технического заказчика. Применение параметрической модели позволяет проводить расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений на всех этапах строительного производства, оценивать риск отклонений от требований проектной документации и своевременно корректировать малоэффективные ОТР. Методика позволяет динамично выявлять малоэффективные организационно-технические решения с низкими показателями и производить их оптимизацию. Методика максимально эффективна в случаях строительства жилых и общественных многоэтажных зданий из монолитного железобетона.

Внедрение механизма, разработанного в рамках научного исследования, позволяет структурировать и централизовать потоки информации, которые оцениваются и преобразуются в качественную характеристику комплексного показателя качества организационно-технических решений, что позволяет оценивать эффективность и при необходимости корректировать организационно-технические решения на всех этапах строительства [114].

Разработанная методика не подразумевает затрат на интеграцию в организационно-техническую систему компании. Для обеспечения функционирования методики и параметрической модели не требуется участие специализированных сотрудников и узконаправленного программного обеспечения. Требуемая информация поступает от инженеров-изыскателей,

инженеров-проектировщиков, мастеров-прорабов, инженеров строительного контроля, отдела кадров и иных подразделений – участников процесса – в единый информационный центр к руководителю проекта, директору по строительству, уполномоченным осуществлять координацию подразделений и далее обрабатывается оператором.

Результатом внедрения методики может стать оптимизация процессов в целевых организациях при инженерных изысканиях, проектировании и при выполнении строительно-монтажных работ. С учетом динамичности разработанной модели административный персонал получает инструмент, прогнозирующий результат деятельности на всех этапах строительного производства, что в свою очередь оказывает положительный эффект за счет снижения трудозатрат и сокращения продолжительности возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

**Методология и методы исследования.** Для формирования основных направлений исследования и определения объекта, предмета исследования в работе использованы эмпирические методы, такие как наблюдение, сравнение, измерение, описание. После формирования концептуальной модели исследования использованы методы теоретического уровня [2]. Абстрагирование, формализация, идеализация, изучение и обобщение, анализ [3] и синтез, индукция и дедукция, аксиоматика позволяют конкретизировать цель и задачи исследования, установить проблематику и выдвинуть научно-техническую гипотезу. Наблюдение и анализ позволили сформировать рассматриваемые факторы и параметры, оказывающие влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий [124]. Для оценки достаточности выбранных факторов и их степени значимости использовался исследовательский эксперимент – анкетный опрос экспертов строительной отрасли. С помощью системного подхода все факторы распределены по этапам строительного производства: инженерные изыскания, проектные работы, строительно-монтажные работы. Обобщение всех направлений исследования представляется возможным по принципам системотехники строительства и методологии планирования эксперимента [6].

Базой для формирования математического аппарата послужила методология программирования искусственных нейронных сетей. В основе методологии лежат такие науки, как нейрофизиология, математика, статистика, физика, компьютерная наука и техника. Для перехода от теоретических основ и моделирования научного исследования к практической реализации применяется интерактивная компьютерная среда в виде программного комплекса, созданного при помощи языка программирования. Для обучения искусственной нейронной сети применена форма «обучения с учителем», при которой участие учителя рассматривается как наличие знаний об окружающей среде, представленных в виде пар вход–выход. Более детально методология и методы исследования представлены в главе 2 диссертационного исследования.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Перечень факторов, влияющих на организацию процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий.
2. Параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.
3. Алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.
4. Методика оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

**Степень достоверности исследования** обуславливается уровнем согласованности мнений экспертов при формировании факторов, детерминированных на однозначные параметры, а также статистической обучающей выборкой на базе фактических данных с завершённым строительством объектов для адаптации искусственной нейронной сети.

**Апробация результатов** диссертационной работы проведена в рамках четырех международных научных конференций, в НИУ МГСУ на заседаниях кафедры «Технологии и организация строительного производства».

Практическая апробация результатов исследования произведена на следующем объекте капитального строительства: многофункциональный жилой комплекс, расположенный по адресу: г. Москва, Ореховый бульвар, 24, корпус 2.

**Личный вклад автора.** Научное исследование проводилось автором самостоятельно. Все результаты исследования получены лично автором. Автором проведен литературный обзор по теме диссертации, определены методы и методология исследования, подготовлен и проведен экспертный опрос, построена математическая модель исследования, математическая модель реализована автором в виде программного комплекса для ЭВМ. Автор самостоятельно произвел обучение ИНС на обучающей выборке прецедентов. На основании созданной параметрической модели автор разработал алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений, методику оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий, адекватное функционирование которой подтверждено результатами апробации и внедрения, проведенного автором при сопровождении строительства объекта. Автором самостоятельно сформированы выводы по результатам исследования и даны рекомендации для дальнейшего развития исследований в обозначенной области.

**Публикации.** Результаты научной деятельности отражены в 5 публикациях в рецензируемых научных изданиях, в которых размещаются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

**Соответствие диссертации паспорту специальности.** Тема диссертации соответствует пунктам 1, 3, 4, 7, 11 паспорта научной специальности 05.02.22 – Организация производства (в строительстве), отрасль науки – технические науки:

1. Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации

производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.

3. Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов, их документального обеспечения на всех стадиях.

4. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов.

7. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем.

11. Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа структурирована по разделам и содержит оглавление, введение, четыре главы основной части, заключение, список литературы, приложения [4; 8; 104]. Диссертационная работа выполнена на 192 страницах машинописного текста и включает в себя 25 рисунков, 14 таблиц, 140 источников профессиональной литературы, 5 приложений.

## **ГЛАВА 1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ**

Данная глава исследования посвящена теоретическим основам организации строительства при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. В главе приведено состояние сферы недвижимости в части монолитного домостроения (возведения конструктивных элементов зданий), произведен обзор и анализ применяемых организационно-технических решений на этапах инженерных изысканий проектных и строительно-монтажных работ, выполнен анализ системы контроля качества применяемых организационно-технических решений.

В процессе изучения отмечены основополагающие этапы возведения конструктивных элементов монолитных зданий, проанализирована структура организационных процессов [37; 56]. Рассмотрены источники, дающие определения организационно-технических решений, организации производства для процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий [82; 91].

Изучены и описаны этапы формирования документации, состав и содержание изыскательских работ, проектной, рабочей документации [92; 109; 112]. Рассмотрены существующие методы и способы организации строительства, выявлены недостатки применения таких методов.

Проанализированы нормативно-технические регламенты и методические рекомендации в области возведения несущих элементов зданий [115]. Произведен обзор профессиональной литературы на тему исследования, определены наиболее изученные аспекты, выявлено отсутствие проработанных комплексных решений задач по оптимизации организации возведения конструктивных элементов зданий. Выявлено отсутствие механизма, учитывающего влияющие факторы и их взаимное влияние на всех этапах строительства.

## **1.1. Исследование организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий**

Область изучения была определена исходя из современных тенденций в части активного применения бетона в качестве строительного материала. По данным информационных ведомств, годовой объем мирового производства бетона превысил 2 млрд м<sup>3</sup> и продолжает возрастать. Годовой объем производства бетона в России составляет около 30 млн м<sup>3</sup>, при этом порядка 26–30 % приходится на жилищно-гражданское строительство.

Также, по данным Росстата за 2020 год, количество квадратных метров монолитных домов с 2009 года увеличилось в три раза с 5,8 млн м<sup>2</sup> до 17,4 млн м<sup>2</sup>. Большинство экспертов в области строительства высказываются в пользу продолжения наблюдаемой тенденции роста объема монолитного строительства на рынке недвижимости. Явные преимущества этой технологии заключаются в возможности реализовывать разнообразные архитектурные и объемно-планировочные замыслы, отсутствуют зоны стыковки элементов (в отличие от панельного домостроения), имеется возможность возведения большого количества этажей.

Именно при индустриальном методе производства ответственных конструкций требуется особый контроль качества и оптимизированная организация процессов. Вода, заполнители, добавки, арматурный каркас – все эти компоненты должны обладать соответствующими нормативным документам и проектной документации характеристиками. Организация процесса проектирования и строительства конструктивных элементов монолитных зданий должна быть направлена на принятие оптимальных и результативных организационно-технических решений на всех стадиях капитального строительства объекта [66].

Одним из важнейших аспектов строительства монолитных зданий является обеспечение безопасности и эксплуатационной надежности строительных конструкций [42; 57]. Требования к механической безопасности зданий

перечислены в Федеральном законе от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Механическая безопасность является самым важным условием при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

По результатам рассмотрения отрасли в целом, основных видов и типов строительных конструкций было принято решение обозначить в виде объекта исследования конструктивные элементы многоэтажных монолитных зданий. В качестве предмета диссертационного исследования выступают организационно-технические решения при возведении конструктивных элементов многоэтажных монолитных зданий.

Организационно-технические решения (ОТР) – это комплекс структурированных решений по организации, технике и технологии строительного производства, принятые в организационно-технологической и организационно-технической документации. Организационно-технические решения должны содержать детальное описание состава выполняемых работ, описание организации процессов, методы и технологии производства [60].

Организация строительного производства включает в себя:

- 1) планирование строительного производства,
- 2) выбор методов организации строительства,
- 3) проектирование организации строительства и производства работ,
- 4) подготовку строительного производства,
- 5) организацию труда,
- 6) оперативно-диспетчерское управление,
- 7) организацию материально-технического обеспечения,
- 8) механизацию работ и организацию работы транспорта,
- 9) управление качеством в строительных организациях.

Организационно-технические решения, мероприятия и требования к работам должны быть установлены в документации по организации строительства и производства работ, согласно СП 48.13330.2019 «Организация строительства». Формирование документации осуществляется в соответствии с Постановлением

Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

На базе утвержденной проектной документации разрабатываются проекты производства работ, включающие в себя детальную информацию об организации и технологических последовательностях строительства [28; 81]. Требования к разработчикам, качеству работ, описанию технологии, организационно-техническим решениям и мероприятиям устанавливаются пунктом 6 СП 48.13330.2019.

Так, проект производства работ разрабатывается лицом, осуществляющим строительство, и включает в себя:

- титульный лист;
- лист ознакомления ответственного персонала с положениями ППР;
- календарный план или график производства работ по объекту;
- сетевые графики;
- строительный генеральный план, оформленный согласно ГОСТ Р 21.1101 и включающий указание типа и конструкции ограждения строительной площадки; схему размещения бытовых помещений строителей и мобильных (инвентарных) зданий с экспликацией; схемы организации дорожного движения с указанием типов и конструкций внутриплощадочных дорог; трассировку инженерных сетей снабжения, канализации, пожаротушения и освещения; схему размещения складских площадей и помещений; схемы привязки основных средств механизации; указание опасных производственных зон и зон влияния строительных машин;
- график поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования;
- график движения трудовых ресурсов по объекту;
- график движения основных строительных машин по объекту;
- технологические карты на выполнение видов работ;
- схемы размещения геодезических знаков;

- требования к качеству выпускаемой продукции, методы и средства контроля;
- схемы монтажа и демонтажа кранового оборудования, грузовых и грузопассажирских подъемников, в том числе решения конструкций, оснований и креплений;
- список титульных и нетитульных временных зданий и сооружений на территории строительной площадки;
- пояснительную записку, содержащую решения по производству геодезических работ, решения по прокладке временных сетей водо-, тепло-, энергоснабжения и освещения строительной площадки и рабочих мест; обоснования и мероприятия по применению мобильных форм организации работ, режимы труда и отдыха; решения по производству работ, включая работы в особых природно-климатических условиях (например, в зимнее время); потребность в энергоресурсах; потребность и привязку городков строителей и мобильных (инвентарных) зданий; калькуляцию трудозатрат; мероприятия по обеспечению сохранности материалов, изделий, конструкций и оборудования на строительной площадке; требования по безопасной эксплуатации подъемных механизмов и сооружений при проведении погрузочно-разгрузочных, строительно-монтажных работ с учетом требований законодательства и нормативных документов (НД) в области промышленной безопасности; природоохранные мероприятия; мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; мероприятия по охране труда и безопасности в строительстве; технико-экономические показатели (трудоемкость, продолжительность, удельные показатели).

Таким образом, при проектировании организационно-технических мероприятий обязательными разделами являются:

1. Выбор метода строительства.

Последовательный метод подразумевает начало каждой новой операции строго после полного завершения предыдущей. Параллельный метод возведения подразумевает одновременное выполнение всех операций на одном объекте строительства, либо на одной захвате, участке. Поточный метод строительства

объединяет в себе подходы последовательного и параллельного методов, при этом время производства работ будет значительно ниже, чем при последовательном методе [89]. Однако интенсивность использования рабочей силы будет ниже, чем при параллельном методе строительства.

2. Организация труда: подбор профессионально-квалификационного состава, формирование бригад и звеньев (включая комплексные и укрупненные), расчет трудоемкости, калькуляция затрат, определение движения бригад, распределение затрат, технологическая взаимоувязка работ. При выборе способа организации труда необходимо учитывать влияющие факторы (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Классификация факторов, влияющих на способ организации труда

3. Оперативно-диспетчерское управление: разработка инструкций и планов, создание информационной сети, назначение ответственных, разработка форм оперативной документации, обеспечение постоянного взаимодействия всех

структур, осуществление бесперебойного качественного оборота оперативной информации [79].

4. Организация производственного быта: расчет потребности в бытовых помещениях, устройство бытового городка, эксплуатация, обеспечение временных дорог, техническое обслуживание, ремонт.

5. Организация материально-технического обеспечения: определение потребности в материалах и оборудовании, приобретение, приемка материальных ресурсов, комплектация и пакетирование, своевременное обеспечение материалами и оборудованием, нормирование расходов, организация складского хозяйства, обеспечение сохранности и экономии материалов, учет и контроль.

6. Механизация работ: аренда машин и средств механизации, техническое обслуживание и ремонт собственных машин и механизмов, проведение плановых ремонтов, обеспечение машин и механизмов горюче-смазочными материалами, обеспечение машин фронтом работ, обеспечение охраны вне рабочего времени.

7. Организация работы транспорта: выбор вида и типа транспорта, планирование перевозок грузов, применение транспортных схем доставки грузов, формирование графиков потребности и поступлений строительных конструкций, материалов и изделий, контроль за грузопотоками.

Организационно-технические решения при возведении конструктивных элементов зданий включают в себя множество мероприятий по формированию и структуризации разнородных процессов со сложными операциями и участием большого количества персонала. Нехватка механизмов регулирования и оптимизации организационных процессов для повышения эффективности системы возведения конструктивных элементов зданий делает актуальным исследование в этой области. Комплексный системный подход при организации строительства подразумевает всесторонний анализ факторов на стадии проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, что позволяет рассматривать каждый процесс не локально, а в совокупности всех элементов системы.

## **1.2. Обзор существующих методик и способов оптимизации организационно-технических решений**

Понятие организационно-технических решений раскрывается как детальное описание технических схем, основ и принципов реализации каких-либо процессов (в данной работе – процессов проектирования конструктивных элементов и процессов их строительства) с учетом технических, экономических и организационных мероприятий.

При выборе оптимальных решений по организации возведения конструктивных элементов преследуется цель подобрать способ использования ресурсов различного рода, обеспечивающий достижение требуемого результата наиболее эффективным образом.

С математической точки зрения задачу оптимизации можно сформулировать как нахождение таких значений некоторых переменных величин, удовлетворяющих ряду ограничений, при которых достигается максимум (минимум) определенной функции.

Одной из первоочередных задач проектирования рациональной технологии и организации производства строительно-монтажных работ (СМР) является выбор метода их выполнения [46]. Под выбором метода производства работ подразумевается разработка и рассмотрение всевозможных его вариантов, а также выбор и обоснование наиболее рационального (оптимального) из них для заданных конкретных условий производства. Метод выполнения строительного процесса зависит от характера строительного объекта; средств производства (инструментов, механизмов); исполнителя работ (звеньев, бригад); применяемых материалов, изделий и конструкций.

Для того чтобы обоснованно выбрать наиболее целесообразный для заданных условий метод производства работ (монтаж строительных конструкций – Рисунок 1.2), требуется изучить следующие вопросы:

- организация строительного процесса (выбор направления монтажа, последовательность установки, степень укрупнения, логистика и доставка конструкций, строительных материалов);
- способ выполнения работ (выбор комплекта машин и механизмов, осуществляющих непосредственно монтажный процесс);
- приемы и средства осуществления отдельных строительных операций (оснастка и захват, подъем и установка отдельных конструкций на опоры, выверка и временное закрепление);
- управление строительным процессом (контроль исполнения сроков, очередности, качества) [47].

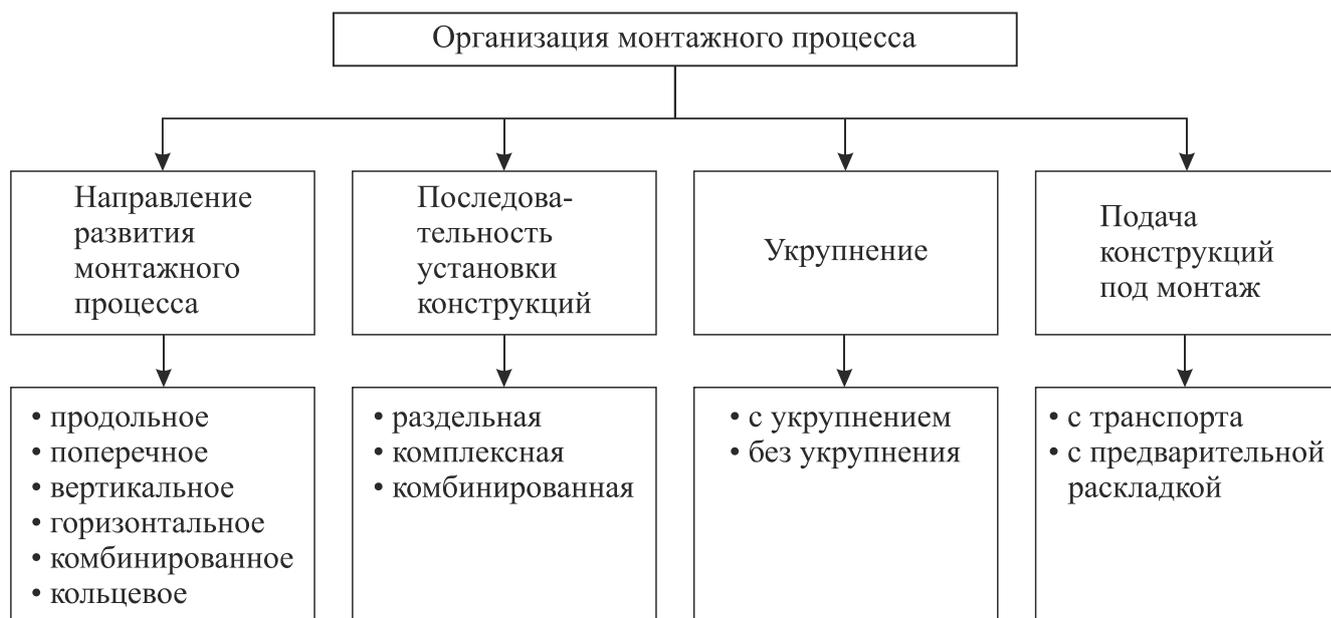


Рисунок 1.2 – Варианты организации монтажа

Для реализации перечисленных вопросов применяются методы проектирования и строительства, основанные на базовых механизмах. Однако применение автоматизированных программных комплексов и программного обеспечения, современных машин и механизмов, инструментов и приборов позволило значительно оптимизировать некоторые организационно-технические решения [19; 30; 71].

### **1.2.1. Организационно-технические решения на стадии проектно-изыскательских работ**

Рассмотрим организационно-технические решения в области инженерных изысканий и проектирования несущих монолитных конструкций зданий. Производство изыскательских работ глобально регламентируется СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96». Структура, состав и требования к содержанию проектной документации детально описаны в Постановлении Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». В соответствии с вышеперечисленными нормативными документами и на базе изученных материалов были определены основные результаты проектно-изыскательской деятельности, которые стоит рассматривать в рамках диссертационной работы. Потенциально наибольшее влияние на качественные характеристики и техническое состояние конструктивных элементов зданий оказывает достоверность и степень проработки следующих результатов проектно-изыскательской деятельности:

1. Результаты инженерно-геологических изысканий.
2. Результаты инженерно-геодезических изысканий.
3. Результаты инженерно-экологических изысканий.
4. Результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий.
5. Проектная документация (стадия «П») в составе:
  - 5.1. Схема планировочной организации земельного участка.
  - 5.2. Архитектурные решения.
  - 5.3. Конструктивные и объемно-планировочные решения.
  - 5.4. Проект организации строительства.
6. Рабочая документация (стадия «РД») в составе:
  - 6.1. Генеральный план.
  - 6.2. Архитектурно-строительные решения.

6.3. Конструкции железобетонные.

6.4. Фундаменты и железобетонные конструкции.

Перечень основной документации определен на основании потребности в исходных данных при ведении расчетной и графической частей тома «Конструктивные и объемно-планировочные решения» проектной документации как ведущего и основного. В последствии указанные результаты инженерных изысканий и тома проектной, рабочей документации формируют базу для ведения строительно-монтажных работ. К тому же, возведение монолитных бетонных и железобетонных конструкций возможно только при наличии утвержденной в установленном порядке проектной и рабочей документации, проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР), разработанных в соответствии с требованиями СП 48.13330, СП 63.13330, СП 70.13330.

Применение автоматизированных систем типа SCAD, Autodesk Robot, Autodesk Revit, ArchiCAD и множество других САПР в области проектирования конструктивных элементов зданий позволило значительно сократить сроки подготовки проектной документации и повысить ее качество [43]. На стадии инженерных изысканий активно используются Total Station Agent, Transline, Geoterminal, Credo ГНСС, PLAXIC и многие другие вспомогательные средства. Технологии информационного моделирования (ТИМ) формируют единую область для различных разделов проекта, тем самым снижая уровень нестыковок между разделами документации.

### **1.2.2. Организационно-технические решения на стадии строительно-монтажных работ**

Строительно-монтажные работы охватывают значительно больший спектр факторов, которые способны оказывать как прямое, так и косвенное влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий. Основной комплекс монолитных работ состоит из процессов: опалубочных работ, арматурных работ, бетонных работ [13; 85]. Производство бетонных работ

возможно при полном качественном завершении предыдущих этапов, тщательной проверке и оценке соответствия законченных опалубочных и арматурных работ требованиям технологических регламентов, проектной и рабочей документации. При этом также важно произвести проверку свойств материалов и оборудования, поставляемых на строительную площадку [110].

Высокотехнологичные машины и механизмы, опалубочные системы, средства малой механизации и инструмент позволяют выполнять большее количество операций, повышают точность и скорость выполнения строительно-монтажных работ. Оптимальные способы доставки комплектующих (пакетирование, контейнеризация, укрупнительная сборка) к месту производства работ значительно сокращают затраты ручного труда в процессе погрузо-разгрузочных работ и обеспечивают сохранность грузов.

Системы мониторинга и контроля качества в значительной части снижают возможность возникновения отклонений от заданных параметров несущих конструкций. Основными же проблемами при применении данных инструментов являются низкая квалификация инженеров, неверный подбор машин и механизмов, отклонения от требований проектной и рабочей документации при выполнении строительно-монтажных работ [48].

### **1.3. Нормативно-техническая база возведения конструктивных элементов монолитных зданий**

Нормативная база, регламентирующая деятельность в области монолитного домостроения, содержит значительное количество документов разного уровня, при этом основной задачей диссертационного исследования является разработка такой методики, которая позволит не только учесть все текущие нормативные требования, но и обеспечить оптимальный уровень организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов многоэтажных монолитных зданий.

Существующая нормативно-техническая документация рассматривается в соответствии с этапами строительного производства конструктивных элементов зданий, а именно на стадии проведения проектно-изыскательских работ и на стадии строительного-монтажных работ.

Перечень документов нормативно-технического характера для каждого объекта строительства подбирается индивидуально и утверждается проектной, рабочей документацией в составе пояснительной записки каждого раздела. Рассмотрев лишь основные нормативно-технические документы, регламентирующие проведение инженерных изысканий, проектирование и строительного-монтажные работы, можно лишь подтвердить огромный перечень составляющих частей глобального процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Принимая в расчет соответствие всех этапов строительства нормативным требованиям (как безоговорочное требование законодательства РФ), остается без внимания набор факторов, влияющих на процесс организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий, не указанных в требованиях, что делает актуальной задачу формирования необходимого и достаточного перечня таких факторов.

#### **1.4. Обзор научных исследований на тему диссертационной работы**

Сфера строительного производства с каждым годом реализует все большее количество научно-прикладных механизмов, разработанных для решения поставленных задач, либо заимствует успешно применяемые методики и методы из смежных сфер деятельности [14; 29]. В связи с актуальностью темы повышения производительности труда и качества строительной продукции количество исследований в области организации строительного производства значительно увеличивается. Примером тому могут послужить исследования организационно-технологического потенциала, совмещения строительных потоков, оценки рисков, рационализации организационной структуры предприятий, исследования

множества факторов и параметров как внутренней, так и внешней среды [26; 50; 67; 86].

Значительное количество исследований посвящено тематике улучшения свойств строительных материалов, повышению производительности труда, снижению финансовых затрат и оптимизации производства [27; 113]. Часть научных работ задает вектор формирования комплексного показателя качества организационно-технических решений. Изученные в рамках аналитической деятельности материалы, научные статьи и иные публикации консолидируют имеющиеся разрозненные знания в более структурированные механизмы, успешно решают локальные задачи строительного производства, однако применение существующих методик и их элементов не представляется возможным на следующем уровне организации строительного производства, особенно в кластере конструктивных элементов железобетонных зданий.

В диссертации рассматривается автоматизированный механизм оценки комплексного показателя качества организационно-технических решений в одной из важных частей строительного процесса – при возведении конструктивных элементов многоэтажных монолитных зданий. В основе исследований лежат понятия и механизмы организационно-технологического проектирования, организационно-технологического потенциала и надежности [21]. Комплексно научное направление задано и активно развивается такими учеными, как А. А. Лapidус, А. А. Волков, А. А. Гусаков, А. В. Гинзбург, Д. В. Топчий, П. П. Олейник, В. О. Чулков, Р. Р. Казарян, Ю. Б. Монфред, О. Б. Кондрашкин, С. А. Синенко, Б. М. Красновский, Д. А. Казаков и другие. Значимые разработки в изучаемой области выполнены такими авторами, как А. Н. Макаров, П. А. Говоруха, Т. Х. Бидов, А. Е. Степанов.

В результате анализа существующих материалов, исследований и методов формирования организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов зданий сделан вывод об отсутствии комплексной системы подбора и структуризации наиболее подходящих, оптимальных и эффективных методов на всех этапах строительства. Решением проблемы служит

формирование комплексного подхода к решению задач на этапе выполнения проектно-изыскательских работ и на этапе строительного-монтажных работ. Такой подход реализуется в модели оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

По результатам анализа профессиональных научных источников выявлено наличие исследований:

– Лapidус А. А. с диссертационным исследованием на тему «Системотехнические основы автоматизации проектирования организационных структур крупномасштабного строительства». В работе решаются задачи по разработке методов организационного проектирования и управления, разрабатываются системотехнические основы организационного проектирования и управления строительством;

– Топчий Д. В. с диссертационным исследованием на тему «Анализ и реализация производственных процессов при строительстве объектов изменяемого назначения», в котором изучаются принципы функционирования подсистем информационной среды, организационных структур производственных процессов перепрофилирования городских территорий в условиях сложившейся застройки. Разрабатывается метод определения эффективности производственных процессов перепрофилирования городских территорий на основе сформированного алгоритма системотехнической модели, обеспечивающий взаимодействие производственных подсистем и определяющий общую эффективность организационных структур производственных процессов перепрофилирования;

– Макаров А. Н. с диссертацией на тему «Организационно-технологический потенциал строительного производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий». В работе изучаются задачи формирования методики оценки эффективности принятых ОTR при проектировании и строительстве кровельных конструкций многоэтажных зданий. Проработаны механизмы реализации расчетов, направленных на принятие оптимальных ОTR по показателям

«качество строительной продукции» и «продолжительность строительного процесса»;

– Говоруха П. А. в рамках диссертации на тему «Формирование организационно-технологического потенциала возведения ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий» решается задача оценки зависимости комплексного показателя эффективности от полученной организационно-технологической модели, разрабатывается методика оценки и повышения эффективности возведения ограждающих конструкций жилых многоэтажных зданий. Вводится понятие «комплексный потенциал», применяемое для оценки и корректировки ОТР при возведении ограждающих конструкций зданий;

– Бидов Т. Х. в диссертационном исследовании «Повышение эффективности системы контроля качества монолитных конструкций неразрушающими методами при организации строительства жилых зданий» формирует методики комплексной оценки результативности организационно-технических и управленческих решений по повышению эффективности системы контроля качества монолитных конструкций неразрушающими методами при организации строительства жилых зданий;

– Кожевников Д. Г. с исследованием на тему: «Комплексная методика оценки эффективности организации строительного производства при ремонте инженерных коммуникаций»;

– Демидов Л. П. с диссертационным исследованием на тему «Исследование зависимости потенциала строительной площадки от организационно-технологических решений»;

– Фатуллаев Р. С. с диссертационным исследованием на тему «Организационно-технологическое моделирование комплексной оценки потенциала проведения внеплановых ремонтных работ»;

– Фельдман А. О. с диссертационным исследованием на тему «Повышение эффективности организационно-технологических решений на основе анализа информационных потоков при возведении многоэтажных жилых зданий».

Анализ российских баз данных показал незначительное количество научных исследований в зоне оценки именно комплексного подхода в оценке качества ОТР при проектировании и возведении конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий. Основными работами (учебные пособия, методические указания, научные статьи), схожими в части подхода к задачам, являются публикации профессора Лapidуса А. А. (формирование факторов, характеризующих организационно-технологический потенциал устройства ограждающих конструкций; исследования факторов, влияющих на показатель потенциала строительной площадки; исследования комплексного показателя качества выполнения работ при возведении строительного объекта), публикации профессора Чулкова В. О. (повышение качества строительной продукции, системотехника строительства, жизненный цикл строительного объекта), Дикмана Л. Г. (организация строительного производства), Теличенко В. И. (технологии возведения зданий и сооружений) и другие.

Однако по итогам обзора научной литературы не выявлено научных исследований, направленных на комплексное изучение влияющих факторов при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Отсутствуют материалы, в которых рассматривается процесс организации возведения конструктивных элементов на всех этапах производства от начала проектно-изыскательских работ до завершения строительно-монтажных работ с применением алгоритмов расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

Предложенная параметрическая модель на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений позволяет восполнить недостаток существующих методов и произвести конфигурацию системы с учетом уникальности этапа строительства и особенностей объекта капитального строительства.

## 1.5. Выводы по главе 1

1. В главе обозначена область изучения вопросов. Рассмотрены статистические данные монолитного строительства. Изучены этапы организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Описаны основные методы производства и организационно-технические решения. Определена проблематика при реализации организационно-технических решений. Решением проблемы является параметрическая модель, включающая в себя все основные влияющие факторы.

2. Изучены существующие методы и способы оптимизации организации возведения несущих элементов зданий, определена потребность в комплексном механизме контроля и корректировки организационно-технических решений. Механизм должен учитывать динамичность системы организации строительства, а также взаимодействие между элементами системы.

3. Проведен обзор нормативной и научно-технической литературы, исследований на тему диссертационного исследования. Приведены основные положения нормативной базы, регламентирующей процессы проектирования и строительства.

4. Выявлено отсутствие исследований со структурным подходом к оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

В настоящей главе рассматриваются принципы, применяемые для решения поставленных задач исследования. Анализируются методологические основы вспомогательных механизмов, позволяющих обоснованно подойти к расчету комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

В качестве инструмента для организации опыта использован метод планирования эксперимента, а для систематизации накопленных данных – метод системного анализа [40; 52]. Раскрыты основные положения методологических основ, подобраны и реализованы алгоритмы действий.

Описаны основные составляющие показателей качества отдельных процессов, дано определение комплексному показателю качества ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Сформирован перечень влияющих факторов и произведена детерминация факторов на параметры с характеристикой и обоснованием важности.

В главе рассматриваются теоретические основы индивидуального экспертного опроса (метод экспертных оценок), производится формирование группы экспертов, предоставляются исходные данные для реализации метода и описывается процесс проведения опроса. Анализируются полученные данные и формируется перечень влияющих факторов.

Проведены анализ и изучение искусственных нейронных сетей. Формируется структура элементов искусственной нейронной сети, задается архитектура нейронов. Производится адаптация математического аппарата в виде искусственной нейронной сети для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений.

## 2.1. Метод планирования эксперимента при формировании влияющих факторов

Метод планирования эксперимента подразумевает комплекс мероприятий для эффективной организации опыта. Основной задачей метода является достижение максимально точных измерений при минимальном количестве опытов с сохранением достоверности [25].

Планирование эксперимента в исследовании применено для поиска значимых факторов, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

Для структуризации эксперимента воспользуемся пошаговым алгоритмом планирования (Рисунок 2.1.).



Рисунок 2.1 – Алгоритм планирования эксперимента

Целью проводимого эксперимента является определение факторов, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Для определения и уточнения условий эксперимент проводится в три этапа:

- 1) формирование перечня факторов автором исследования;
- 2) определение необходимого и достаточного перечня факторов при помощи метода экспертных оценок;
- 3) присвоение синаптических весов (степеней значимости) каждому влияющему фактору параметрической модели.

Сбор данных для проведения эксперимента велся в условиях строительной площадки с последующей камеральной обработкой. Основным условием стало наличие достоверных сведений об объекте капитального строительства.

Выявление и выбор входных и выходных параметров эксперимента: под входными параметрами эксперимента понимается полный перечень информации об изучаемом объекте, такой как:

- 1) наличие и качество исходно-разрешительной документации;
- 2) наличие и качество проектной и рабочей документации;
- 3) наличие и качество исполнительной документации;
- 4) степень строительной готовности объекта;
- 5) качество организационно-технической схемы возведения конструктивных элементов;
- 6) сведения об инженерно-бытовой подготовке производства;
- 7) информация о подрядных и субподрядных структурах, квалификации и опыте персонала;
- 8) уровень автоматизации и механизации производства;
- 9) наличие брака, дефектов, отклонений в конструктивных элементах.

Под выходными параметрами понимается перечень факторов, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

Установление способа и требуемой точности результатов измерений: измерения имеют безразмерную величину, так как степень влияния устанавливается экспертами при проведении индивидуального опроса. Точность результатов измерения не устанавливается, так как учитываются все выявленные факторы без исключения.

Составление плана и проведение эксперимента: в плане эксперимента подразумевается анализ исходно-разрешительной, проектной, рабочей и исполнительной документации, сопоставление выявленных отклонений с наличием отклонений фактически возведенных конструкций от требуемых характеристик. Установление зависимостей. Обследование объектов строительства, рассмотрение протоколов лабораторных исследований, технических отчетов, заключений. Формирование перечня факторов. Продолжительность эксперимента – 51 месяц.

Статистическая обработка результатов эксперимента, построение параметрической модели: по результатам определения фактора составлена выборка, содержащая выявленные во время эксперимента факторы. Выборка подразделена на два этапа: проектно-изыскательские работы, строительномонтажные работы.

Для построения параметрической модели влияющим факторам присвоены синаптические веса при помощи метода экспертных оценок и произведена детерминация на параметры. В качестве математического аппарата использован метод искусственных нейронных сетей.

Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию: итоговое расчетное значение представляется в качестве числовой безразмерной величины комплексного показателя качества организационно-технических решений. Интерпретация значения комплексного показателя качества детально приведена в Главе 3 диссертационного исследования.

Соблюдая принципы планирования эксперимента, была установлена цель эксперимента, определены условия проведения эксперимента на строительных площадках и при камеральной обработке данных, выявлены входные и выходные

параметры. Установлен требуемый способ получения результатов и установлена требуемая точность результатов. На объектах изучения произведен анализ исходно-разрешительной, проектной, рабочей и исполнительной документации. Выявлены дефекты и повреждения конструктивных элементов, отклонения от требований утвержденной проектной и рабочей документации. Выборка влияющих факторов представлена в разделе 2.4. Главы 2 научного исследования.

## **2.2. Метод системного анализа в строительстве**

Системный анализ – одно из направлений (научный метод) теории систем для решения разного рода задач. В диссертационном исследовании системный анализ используется для формирования перечня влияющих факторов после проведения эксперимента [38]. Данный подход призван обеспечить выявление и структуризацию факторов, от которых зависит эффективность принимаемых организационно-технических решений на всех этапах строительства, что позволит оптимизировать организацию процесса возведения несущих конструкций.

Метод системного анализа неразрывно связан с системотехникой и системной инженерией, однако отличительными чертами метода являются учет специфики заданной ситуации, отдельная работа со всеми целевыми показателями, возможность изучения в глобальных процессах, строгая последовательность этапов изучения (Рисунок 2.2), комбинация количественного и качественного анализа [32; 96].

Метод позволяет выделить из глобального процесса возведения конструктивных элементов ряд факторов, выстроить причинно-следственные связи, произвести анализ и диагностировать отклонения от заданных требований. Переход в системном анализе осуществляется от общего процесса к частным факторам, что позволяет изучить процесс без потери информации пошагово.



Рисунок 2.2 – Этапы проведения системного анализа

Учитывая наличие большого количества процессов в изучаемой области, разделим процессы в соответствии с этапами строительства: проектно-изыскательские работы и строительно-монтажные работы.

Систематизации подлежат исходные данные о техническом состоянии несущих строительных конструкций заверенных строительством монолитных зданий, полученные по результатам натурных наблюдений, а также информация из отчетов по результатам инженерных изысканий, проектной, рабочей и исполнительной документации.

Для реализации метода была поставлена цель – сформировать перечень факторов, влияющих на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Первоначальный перечень факторов разделен на две группы в соответствии с этапами строительства. Для выстраивания причинно-следственных связей необходимо произвести декомпозицию процессов на более мелкие операции, что позволяет детально рассмотреть появление каждого отклонения (в том числе дефектов, повреждений) в конструктивных элементах зданий.

### **2.3. Понятие комплексного показателя качества организационно-технических решений**

Показатель качества – в общем понимании это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации, или потребления. Единичный показатель качества отдельного фактора характеризует степень соответствия одного частного процесса в рамках организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Рассматривая определение показателя качества в рамках строительного производства, а именно при возведении конструктивных элементов монолитных зданий, показатель качества будет складываться из множества значений факторов и показателей.

Строительная продукция обладает номенклатурой показателей, которая зависит от назначения, условий производства и эксплуатации, а также многих других факторов. Показатель качества может выражаться в различных физических единицах измерения, условных единицах измерения, а также быть безразмерным (к примеру, вероятность наступления ожидаемого события). В виде технических требований показатели входят в состав технического задания на разрабатываемую продукцию и технических условий.

Определение комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов зданий неразрывно связано с такими понятиями, как «организационно-технический потенциал», «технический риск», «потенциал комплексного показателя в строительстве» [75]. Существующие определения трактуют качество отдельных организационно-технических решений, результатов деятельности или продуктов, но не позволяют охватить процесс организации возведения конструктивных элементов в целом. Так, необходимость консолидации единичных показателей качества ОТР (Рисунок 2.3) привела к решению о предложении нового понятия «комплексный показатель качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий» [64].

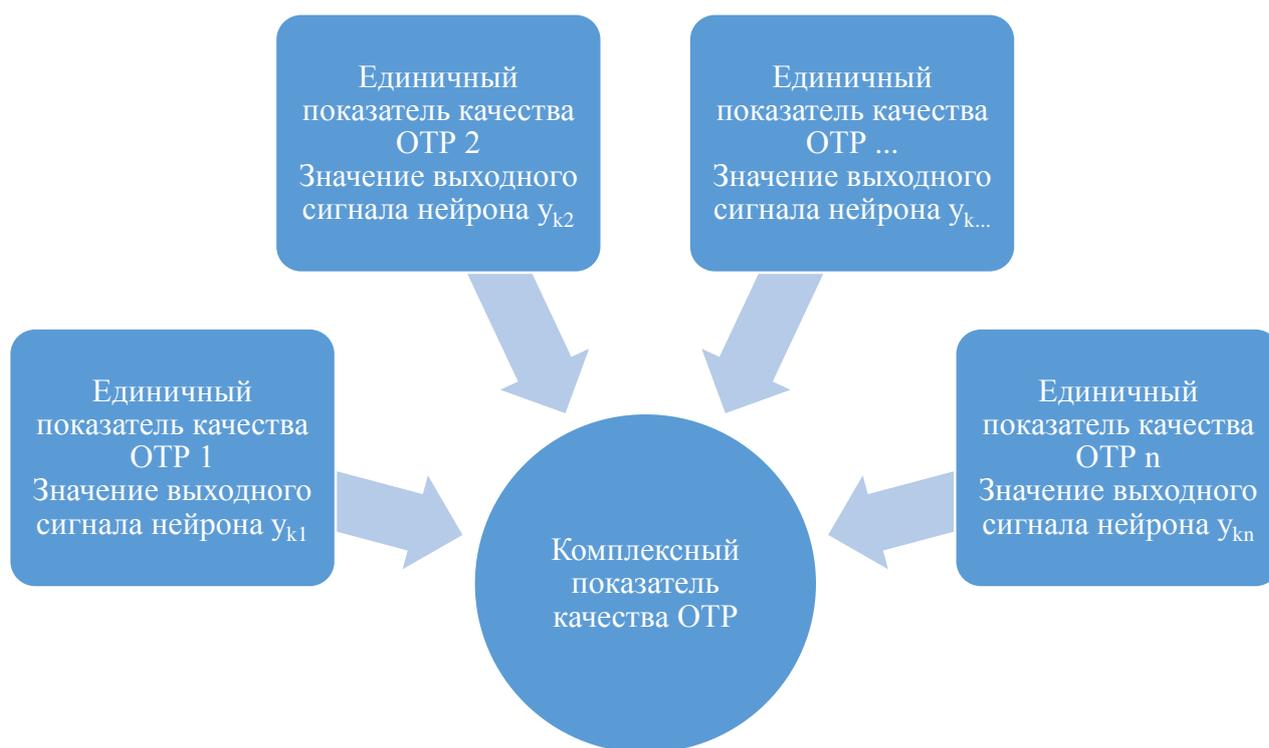


Рисунок 2.3 – Схема консолидации единичных показателей качества

На базе рассмотренных понятий комплексный показатель качества ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий выражается в виде количественной величины, имеющей качественную интерпретацию (на базе шкалы

Харрингтона), обозначающей степень эффективности организационно-технических решений для получения качественных конструктивных элементов здания в работоспособном техническом состоянии в установленный проектом производства работ срок.

Понятие комплексного показателя качества организационно-технических решений включает в себя набор определенных значений единичных факторов, детерминированных на контролируемые параметры при возведении конструктивных элементов монолитных зданий, включая внутренние и внешние условия системы и определяется как совокупность минимально допустимых требований к организационно-техническим решениям, обуславливающим их эффективность.

## **2.4. Формирование влияющих факторов и параметров**

Результатом многолетних наблюдений за состоянием конструктивных элементов зданий явился перечень факторов, однозначно оказывающих влияние на качество несущих конструкций. Группировка факторов велась по принципам последовательности строительного производства, где группа 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ, а группа 2 – на этапе строительного-монтажных работ. Полный перечень факторов представлен ниже. В свою очередь, под параметрами фактора понимаются характеристики, детерминированные на однозначно определяемые элементы. Деление на группы произведено исходя из следующих принципов: на стадии проектно-изыскательских работ возможно получение прогностических данных (учитывая базу данных реализованных ранее объектов, а также предполагаемые значения параметров); на стадии строительного-монтажных работ возможно получение подтвержденных практически исполнением данных с прогнозированием последующих событий.

В результате проведенного эксперимента сформирован перечень влияющих факторов. Первая группа – проектно-изыскательские работы – включает в себя 5 факторов, детерминированных на 14 параметров.

Качество инженерно-геологических изысканий включает в себя параметры:

- Программа работ утверждена генеральным проектировщиком;
- Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ;
- Наличие научно-технического сопровождения.

Качество инженерно-геодезических изысканий содержит следующие параметры:

- Программа работ утверждена генеральным проектировщиком;
- Наличие научно-технического сопровождения.

Качество инженерно-экологических изысканий детерминировано на параметры:

- Программа работ утверждена генеральным проектировщиком;
- Наличие научно-технического сопровождения.

Качество проектной документации содержит параметры:

- Применение технологий BIM (ТИМ);
- Наличие субподрядных проектных организаций;
- Средний стаж сотрудников проектной группы более 5 лет;
- Наличие научно-технического сопровождения проектирования.

Качество рабочей документации содержит параметры:

- Наличие научно-технического сопровождения проектирования;
- Детализация и индивидуализация рабочей документации;
- Соответствие рабочей документации требованиям утвержденной проектной документации.

Вторая группа факторов относится к этапу строительно-монтажных работ и включает в себя 14 факторов, 41 параметр.

Фактор качества ведения строительного контроля детерминирован на параметры:

- Постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке;
- Оснащенность высокотехнологичными приборами и оборудованием;

- Своевременный входной контроль качества строительных материалов, изделий и оборудования;
- Своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций;
- Своевременный приемочный контроль выполненных работ.

Качество ведения авторского надзора содержит параметры:

- Ведение авторского надзора разработчиком проектной документации;
- Постоянное присутствие сотрудников службы авторского надзора в зоне проведения работ.

Качество службы технического заказчика определяется на базе параметров:

- Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности;
- Наличие в штате инженера-технолога;
- Наличие в штате инженера производственно-технического отдела (ПТО);
- Наличие в штате инженера по несущим строительным конструкциям;
- Высокая степень коммуникации и управления производственными процессами.

Качество научно-технического сопровождения строительства определяется одним параметром:

- Наличие службы научно-технического сопровождения.

Качество генподрядной организации определяется при помощи параметров:

- Наличие внутренней службы контроля качества, наличие стандартов предприятия и внутренних регламентов организации;
- Процент выполнения работ исходя их общего объема составляет более 50 %.

Уровень автоматизации и механизации производства содержит параметры:

- Наличие современной высокопроизводительной техники для подъема и передвижения грузов;
- Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации.

Фактор квалификации бригад инженерно-технических работников (ИТР) детерминирован на следующие параметры:

- Стаж работы не менее 5 лет в области деятельности;
- Высшее образование в области деятельности;
- Повышение квалификации в области деятельности;
- Разряд инженеров-бетонщиков не ниже 3-го;
- Разряд инженеров-арматурщиков не ниже 3-го.

Качество опалубочных систем складывается из двух параметров:

- Наличие мобильных унифицированных опалубочных систем;
- Применение индивидуального проекта подбора опалубочных систем.

Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций складывается из параметров:

- Пакетирование и предварительная комплектация мелкоштучных элементов;
- Своевременное обеспечение мероприятий по уходу за бетоном;
- Наличие технологических карт, адаптированных к объекту строительства;
- Детализация и индивидуализация рабочей документации.

Качество исполнительной документации подразделено на такие параметры, как:

- Комплектность исполнительной документации;
- Соответствие требованиям оформления исполнительной документации;
- Своевременность оформления;
- Наличие электронного вида исполнительной документации.

Фактор качества инженерно-бытовой подготовки производства детерминирован на следующие:

- Размещение бытового городка соответствует утвержденной проектной документации;
- Наличие перебоев снабжения (электричество, вода, тепло и др.).

Природно-климатический фактор содержит параметры:

- Строительство в зоне действия высоких температур;
- Строительство в зоне действия низких температур;
- Строительство в зоне активных сейсмических процессов.

Фактор качества поставляемых материалов, изделий и оборудования содержит параметры:

- Поставляемые материалы, элементы и оборудование соответствуют утвержденной проектной и рабочей документации;
- Отсутствуют значительные дефекты и брак.

Фактор «иное» учитывает индивидуальные особенности объекта строительства и содержит два параметра:

- Уникальность здания;
- Плотная городская застройка.

Для обоснования выбора влияющих факторов рассмотрим этапы возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Инженерно-геологические, инженерно-экологические и инженерно-геодезические изыскания являются неотъемлемой частью проектно-изыскательских работ. Ведение работ регламентируется СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ».

Изыскания выполняются в обязательном порядке при реконструкции существующего здания либо новом строительстве. Как показывают практические наблюдения, ошибки при проведении инженерных изысканий зачастую приводят к необратимым последствиям на стадии проектирования, что, в свою очередь, накладывает дополнительную нагрузку в виде корректировок проекта и многих технических аспектов процесса строительства железобетонного здания. В частных случаях, строительство по разработанному проекту на базе недостоверных исходных данных по результатам изыскательской деятельности полностью невозможно, так как не отвечает требованиям безопасности и не удовлетворяет условиям нормативно-технической документации.

Проектирование конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий является одним из наиболее ответственных этапов строительного цикла [20]. В этой связи выявление отклонений на данном уровне очень важно при оценке качества конструктива здания. Для предотвращения ошибок проектирования разработано немало мероприятий, часть которых является обязательными (научно-техническое сопровождение зданий класса КС-3, экспертиза проектной документации). Технические возможности современных программных комплексов при правильном применении позволяют снизить вероятность ошибок проектирования, в особенности BIM-проектирование способствует выявлению так называемых коллизий – пересечений конфликтных элементов и неточностей, а также позволяет рассматривать здание в виде трехмерной расчетной модели, учитывающей все необходимые элементы.

Основные факторы, позволяющие определить комплексный показатель качества ОТР, возникают в процессе строительно-монтажных работ по возведению конструктивных элементов зданий. По статистическим данным, определенный набор факторов стабильно оказывает значительное влияние на фактически возведенные конструктивные элементы. Основными из них можно считать качество поставляемых материалов и изделий, квалификацию персонала, качество опалубочных систем, соответствие технологии работ требованиям проектной и нормативной документации, а также некоторые другие. Нельзя отбросить и второстепенные факторы, такие как обустройство строительной площадки, природно-климатические факторы и другие.

Необходимость проведения инженерных изысканий продиктована Градостроительным кодексом РФ (ГрК РФ Статья 47. Инженерные изыскания для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства).

Некачественное выполнение работ на данной стадии строительного производства приводит к возникновению ошибок проектирования, впоследствии переходящих на строительную площадку. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» устанавливает требования к

составу и содержанию инженерных изысканий, однако зачастую работы выполняются с формальным подходом, что не позволяет грамотно оценить состояние местности для строительства.

Особенности климатических, геологических, экологических и рельефных условий необходимо учитывать для фиксации полученных данных на стадии проектирования конструктивных элементов зданий [78]. Качественные исходные данные для проектирования снижают риск ошибки и сводят к нулю возникновение дефектов и отклонений во время выполнения строительно-монтажных работ. Основополагающими являются результаты инженерно-геологических изысканий. Состояние грунтов основания напрямую влияет на расчетную схему каркаса здания. Достоверное определение физико-механических свойств грунта позволяет учесть наихудшие показатели и применить верные проектные решения.

Состав и содержание проектной документации утверждены Постановлением Правительства РФ № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». При этом особое внимание при проектировании конструктивных элементов монолитных зданий необходимо уделять разделам:

1. Раздел 3 «Архитектурные решения» (АР);
2. Раздел 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения» (КР);
3. Раздел 6 «Проект организации строительства» (ПОС).

Основные требования к формированию рабочей документации, которая является неотъемлемой частью строительного производства, регламентирует ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». Отклонения решений в рабочей документации от утвержденных проектных решений стадии «П» могут приводить к возникновению неустраняемых последствий. Такие отклонения требуют повторной проработки проектных решений и повторного проведения экспертизы проектной документации в части внесенных изменений. Эти процессы значительно увеличивают сроки возведения конструктивных элементов здания.

Строительный контроль обязан вестись уполномоченным лицом в соответствии со статьей 53 Градостроительного кодекса РФ: «Строительный

контроль проводится в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации...». Недобросовестное выполнение функций строительного контроля приводит к значительным отклонениям в двух направлениях: 1 – отсутствие достоверных данных о качестве поступающих на строительную площадку материалов и изделий (входной контроль), монолитных железобетонных конструкций в процессе их возведения (операционный контроль), завершаемых строительством монолитных железобетонных конструкций (приемочный контроль); 2 – увеличение сроков строительства каркаса здания из-за повторного контроля качества конструктивных элементов и разработки мероприятий, направленных на устранение выявленных отклонений и дефектов (проекты усиления конструкций, проекты ремонтно-восстановительных работ) либо полную замену части конструкций.

Основные требования и указания в области авторского надзора утверждены Градостроительным кодексом РФ, СП 246.1325800.2016 «Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений», Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Основной целью авторского надзора является соблюдение требований утвержденной проектной документации и обеспечение реализации принятых технологических, технических и организационных решений, указанных в рабочей документации.

В перечень обязанностей входит фиксация в журнале авторского надзора всех выявленных отклонений и принятие решений о степени значимости таких отклонений. Зачастую ошибки или некачественное исполнение функций авторского надзора приводят к самовольной замене применяемых материалов и элементов на иные, без учета влияния на общую проектную модель здания. Изменение объемно-планировочных решений в процессе строительства также часто встречающийся прецедент, подлежащий урегулированию в рамках авторского надзора.

В части нормативного законодательства о деятельности службы технического заказчика есть совсем не много разъяснений, однако основные

положения описаны в статье 1 Градостроительного кодекса РФ, ГОСТ Р 57363-2016 «Национальный стандарт Российской Федерации. Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика)». Служба является центральным участником строительного процесса, обеспечивает структурную работу всех остальных участников проекта, координирует организационно-технические процессы, контролирует сроки и качество строительства. Сбои в работе технического заказчика приводят к глобальному увеличению срока производства работ. Основные регламентирующие документы: СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные», ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Для зданий и сооружений класса КС-3 (особо опасные, технически сложные, уникальные) требованием законодательства установлено обязательное наличие научно-технического сопровождения проектирования (НТСП) и строительства (НТСС) [83]. Однако условия проектирования и строительства зданий и сооружений класса КС-2 (научно-техническое сопровождение не обязательно и выполняется по самостоятельному решению застройщика / технического заказчика) являются не менее простыми и требуют независимого контроля службы НТСП, НТСС [51].

Профессиональная оценка разработанной проектной и рабочей документации позволяет выявить на ранних стадиях ошибки и оптимизировать процесс строительства. Проведение независимых поверочных расчетов в альтернативных программных комплексах позволяют всесторонне подтвердить правильность расчетной модели и принятых характеристик конструктивных элементов зданий и сооружений, а значит, обеспечить безопасность и надежность каркаса здания.

Научно-техническое сопровождение строительства призвано учитывать выявленные во время строительства дефекты, повреждения конструкций и иные

отклонения от требований проектной и рабочей документации, моделировать и прогнозировать последствия, а также своевременно разрабатывать проектные мероприятия по приведению конструкций к проектным либо нормативным показателям.

Определение понятия и основной функционал генерального подрядчика сформированы в Статье 52 «Осуществление строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства» Градостроительного кодекса РФ. Наличие внутренней службы контроля качества, стандартов предприятия и регламентов структуры позволяет своевременно выявлять и устранять нарушения технологических регламентов и нарушение требований проектной, рабочей документации. Процент выполнения работ, исходя из общего объема, составляет более 50 %: наличие субподрядных организаций является естественным в процессе строительства зданий и сооружений. Однако увеличение количества субподрядных структур влечет за собой сложности в контроле таких структур, что вызывает сбои в организационных и технологических процессах и приводит к срыву сроков и возникновению отклонений от проектных требований.

Автоматизация строительных процессов является неотъемлемой частью процесса оптимизации производства. Автоматизация позволяет свести к минимуму отклонения от технологического режима, повысить эффективность операций и унифицировать все действия, тем самым сократив время на выполнение технологических операций [61]. Основными задачами автоматизации являются внедрение комплексной механизации, применение прогрессивных типов машин, автоматизация управления процессами, регулирование и контроль. Механизация строительного производства является одной из частей автоматизации и позволяет заменить ручной труд, тем самым повышая производительность труда и оптимизируя сроки возведения конструктивных элементов зданий. Отсутствие нормативных регламентов не позволяет определить наличие средств автоматизации и механизации как обязательных мероприятий. Однако выполнение сложных технологических операций не представляется возможным без применения строительной техники, машин и механизмов. Качественный подбор

средств автоматизации и механизации является способом увеличения производительности, оптимизации кадровых ресурсов, повышения качества строительной продукции.

Рекомендательными документами являются:

- СП 12-104-2002 «Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период»;
- МДС 12-19.2004 «Механизация строительства. Эксплуатация башенных кранов в стесненных условиях»;
- Постановление Госстроя РФ от 27.02.2003 № 25 О своде правил «Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период»».

Мероприятия по применению автоматизации и механизации производства должны быть отображены в разделе 6 проектной документации «Проект организации строительства» (ПОС) и проектах производства работ (ППР) рабочей документации, что утверждается СП 48.13330.2019 «Организация строительства» и Постановлением Правительства РФ № 87.

Основными профессиями трудящихся при возведении конструктивных элементов многоэтажных монолитных зданий являются: машинист, такелажник, арматурщик, плотник, бетонщик, слесарь, электромонтер, монтажник конструкций. При этом нормативные требования к кадровому составу существуют только в рекомендательном формате («Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов», «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы»). В части требуемого образования данные практически отсутствуют, что значительно влияет на квалификацию сотрудников.

Квалификация сотрудников организации определяется наличием среднего профессионального образования в области деятельности, высшим профессиональным образованием в области деятельности, повышением квалификации, практическим опытом и стажем работы в сфере строительства монолитных зданий.

Применение опалубочных систем является неотъемлемой частью монолитного домостроения. Разработка мероприятий и подбор опалубки производятся на стадии выполнения проектных работ в разделе 6 проектной документации «Проект организации строительства» и в технологических картах на возведение монолитных конструкций здания. Применение качественной опалубки позволяет значительно снизить вероятность появления производственного брака и возникновения дефектов несущих монолитных конструкций. А правильный подбор опалубочных систем снижает трудозатраты и сокращает время монтажа, демонтажа опалубки.

Основные регламентирующие документы при подборе и использовании опалубочных систем: ГОСТ 34329-2017 «Межгосударственный стандарт. Опалубка. Общие технические условия»; ГОСТ Р 57899-2017 «Национальный стандарт Российской Федерации. Анкеры и стяжки для опалубки. Общие технические условия»; СП 371.1325800.2017 «Свод правил. Опалубка. Правила проектирования»; СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».

Выбор организационно-технологической схемы строительства здания производится на этапе проектирования в разделе «Проект организации строительства» в совокупности с обоснованием методов производства и мероприятиями по оптимизации строительных потоков [103]. Технологическая схема должна учитывать комплекс факторов, таких как:

- местоположение объекта строительства,
- климатические характеристики,
- метод организации строительного-монтажных работ,
- технико-экономические показатели здания,
- технико-экономические показатели машин и механизмов,
- объемно-планировочные и конструктивные решения объекта строительства,
- сроки строительства.

Организационно-технологические схемы производства являются базой для разработки календарного плана. Требования и рекомендации сформированы в

следующих документах: Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87; МДС 12-23.2006 «Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве»; «Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства (к СНиП 3.01.01-85)».

Исполнительная документация отображает фактически выполненные работы с учетом корректировок, отступлений и изменений проектных решений, согласованных с уполномоченными участниками производства.

Ведение исполнительной документации регламентируется: Статьей 52 Градостроительного кодекса РФ «Осуществление строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства»; Приказом Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1128 (ред. от 09.11.2017) «Об утверждении и введении в действие Требований к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения» (вместе с РД-11-02-2006); СП 48.13330.2019 «Организация строительства». Приложение Б». Более детально требования к составу и оформлению исполнительной документации предъявляются уполномоченными государственными структурами и органами строительного надзора.

Требования к инженерно-бытовой подготовке строительного производства консолидируются в рамках раздела 6 проектной документации «Проект организации строительства». Содержание раздела утверждено Постановлением Правительства № 87. Наличие отклонений фактической ситуации от проектных требований приводят к сбоям при производстве строительного-монтажных работ по возведению конструктивных элементов зданий. Соответствие инженерно-бытовой подготовки производства позволяет соблюдать технологические требования в соответствии с утвержденной проектной и рабочей документацией.

## **2.5. Исследование и оценка влияющих факторов при помощи индивидуального экспертного опроса**

Метод экспертных оценок, или индивидуальный экспертный опрос, основан на опыте, знаниях и рассуждениях компетентных специалистов в области деятельности и применяется для принятия решения на основе мнений экспертов [87]. Существует несколько методов экспертного оценивания:

- метод средней точки,
- метод бинарных сравнений,
- метод ассоциаций,
- индивидуальный экспертный опрос,
- метод векторов предпочтений,
- метод фокальных объектов.

Строительство является одной из сфер, где наиболее весомым является опыт реализации объектов. Учитывая отсутствие четких математических значений и структурных зависимостей в таком нелинейном процессе, как организация возведения конструктивных элементов монолитных зданий, метод экспертных оценок является актуальным механизмом решения задачи по формированию перечня влияющих факторов. Для проведения экспертной оценки производится ряд операций (Рисунок 2.4), необходимых для получения результата оценки.

Факторами представляются элементы системы организационно-технических решений при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий, оказывающие непосредственное влияние на процесс. При помощи метода экспертных оценок формируется ответ для решения двух основных задач: определения комплекса влияющих факторов и присвоения влияющим факторам степени значимости в виде синаптических весов.



Рисунок 2.4 – Составляющие метода экспертных оценок

В диссертационном исследовании для выявления необходимого и достаточного перечня факторов, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий, а также присвоения синаптических весов факторов был использован метод индивидуального экспертного опроса [11; 12].

Для установления требуемого количества экспертов используем неравенство, содержащее коэффициент конкордации Кэнделла ( $W$ ), количество экспертов ( $m$ ) и количество ранжируемых объектов ( $n$ ):

$$W \times m \times (n - 1) > x_T^2. \quad (2.1)$$

Приняв минимальное значение коэффициента конкордации равным 0,5 и подставив значения  $n$  и  $\chi^2_T$  (табличное значение критерия Пирсона), представляем неравенство в следующем виде:

$$m > \frac{2 \times 21,7}{(10-1)} > 4,8. \quad (2.2)$$

Таким образом, при ранжировании 10 объектов требуется участие минимум 5 экспертов (Таблица 2.1) [44].

Таблица 2.1 – Зависимости количества экспертов от количества ранжируемых объектов

Количество ранжируемых объектов	2	3	4	5–6	7–9	10–16	17–31
Минимальное количество экспертов	14	10	8	7	6	5	4

В общей сложности принятое количество экспертов составило 4 человека. Для однозначного решения задач экспертного опроса было привлечено 8 экспертов (в два раза больше табличного значения для предотвращения возможных отклонений в согласованности мнений экспертов), что позволяет избежать необходимости проведения дополнительных опросов экспертов.

В качестве экспертов были привлечены специалисты с высшим техническим образованием, опытом в области проектирования и строительства, состоящие в национальных реестрах специалистов (НОСТРОЙ и НОПРИЗ).

На решение экспертам был выдвинут ряд вопросов, связанных с их трудовым стажем, членством в национальном реестре специалистов. Далее были предложены вопросы о достаточности перечня факторов, после чего каждый эксперт произвел ранжирование факторов в соответствии со значимостью каждого фактора, тем самым присваивая синаптический вес от 0 до 1.

При проведении первого опроса фактический коэффициент конкордации составил 0,68. После повторного обсуждения факторов с экспертами и проведения второго этапа опроса коэффициент конкордации составил 0,87, что говорит о высокой степени согласованности мнений экспертов в части достаточности факторов.

По результатам проведенного экспертного опроса сформированы бланки интервью (Приложение А). Итоговый перечень влияющих факторов с назначенными синаптическими весами выглядит следующим образом:

Группа 1 – проектно-изыскательские работы:

1. Качество инженерно-геологических изысканий – 0,4;
2. Качество инженерно-геодезических изысканий – 0,3;
3. Качество инженерно-экологических изысканий – 0,2;
4. Качество проектной документации – 0,6;
5. Качество рабочей документации – 0,8.

Группа 2 – строительно-монтажные работы:

6. Качество ведения строительного контроля – 0,9;
7. Качество ведения авторского надзора – 0,2;
8. Качество службы технического заказчика – 0,5;
9. Качество научно-технического сопровождения строительства – 0,1;
10. Качество генподрядной организации – 0,5;
11. Уровень автоматизации и механизации производства – 0,7;
12. Квалификация бригад ИТР – 0,8;
13. Качество опалубочных систем – 0,8;
14. Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций – 0,7;
15. Качество исполнительной документации – 0,1;
16. Качество инженерно-бытовой подготовки производства – 0,6;
17. Природно-климатические факторы – 0,7;
18. Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования – 0,9;
19. Иное – 0,2.

Таким образом, при помощи метода индивидуального экспертного опроса сформирован перечень факторов, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Факторам присвоены синаптические веса в диапазоне значений от 0 до 1.

Каждый влияющий фактор детерминирован на 2–5 параметров, формирующих значение единичного показателя качества, т. е. выходной сигнал одного нейрона. Более детально факторы и параметры описаны в разделе 2.4 главы 2 диссертационного исследования.

## **2.6. Искусственные нейронные сети как математический аппарат для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений**

Контроль и прогнозирование качества организационно-технических решений позволяют минимизировать затраты на приведение уже возведенных несущих монолитных конструкций к нормативному состоянию. Для оценки качества и эффективности применяемых организационно-технических решений посредством определения значений факторов, влияющих на организацию возведения конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий, необходим мощный математический аппарат [49].

При первичном рассмотрении всевозможных математических моделей и методов рассматривались: метод изучения оптимальных стратегий в играх (теория игр), функциональные уравнения (линейные и нелинейные интегральные уравнения), теория множеств, теория вероятности и многие другие [65; 72; 118]. При решении частных задач перечисленные методы применяются в течение большого периода времени, но для достижения обширной цели был рассмотрен математический аппарат, позволяющий установить взаимосвязь между множеством элементов каждого фактора и учесть значимость каждого, к тому же имея возможность формировать любую конфигурацию составляющих системы. Такой математической моделью оказалась искусственная нейронная сеть.

В данном разделе рассмотрены возможности искусственных нейронных сетей, основные преимущества и области применения. Приведено описание структуры и механизм действия систем. Сформированы основные принципы адаптации искусственной нейронной сети для решения задач в области расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий. При этом учитывается не только вес (значимость) каждого отдельного параметра, но и взаимное влияние, усиливающее либо ослабляющее воздействие группы параметров на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий.

Проблематика подбора устойчивого и адаптивного математического аппарата возникла на стадии формирования факторов и групп факторов, оказывающих непосредственное влияние на качественный показатель конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий. Типовые математические методы в виде линейных моделей не позволяют с достаточной достоверностью произвести учет такого обширного количества факторов и параметров внутри каждого фактора. В свою очередь, система искусственной нейронной сети способна обработать такое огромное количество информации, а также позволяет распределить, накапливать и предоставлять экспериментальные знания для последующей обработки [132].

Искусственная нейронная сеть по определению являет собой огромный распределительный процессор, который составляют элементарные единицы обработки информации (нейроны – единицы обработки информации в составе нейронной сети), которые накапливают и передают информацию для дальнейшей работы. Данные принципы обозначают явную схожесть с человеческим мозгом с двух точек зрения:

– информация поступает в искусственную нейронную сеть извне (из окружающей среды) и применяется в дальнейшем процессе обучения;

– для накопления и структуризации новых знаний используются связи между структурно-функциональными единицами системы нейронов, такие знания называют синаптическими весами.

Главными преимуществами искусственных нейронных сетей перед иными системами являются следующие их возможности:

– поиск и адаптация параллельного алгоритма решения задач, и реализация данного алгоритма, то есть распараллеливание обработки информации для достижения поставленной цели;

– способность системы самообучаться, то есть создавать в процессе работы обобщения.

Среди большого множества всех полезных свойств искусственных нейронных систем выделено девять основных:

1. Сходство с основными принципами нейробиологии в части строения искусственных нейронных сетей, которые являют собой аналогичную человеческому мозгу структурную систему. В свою очередь, человеческий мозг является явным доказательством того, что параллельные отказоустойчивые вычисления физически реализуемы и представляют собой мощный инструмент решения поставленных задач;

2. Возможность адаптировать связи между нейронами (так называемые синаптические веса) к каким-либо изменениям окружающей среды (внешних факторов). Такое свойство нейронных сетей принято называть адаптивностью;

3. Нелинейность – свойство, обеспечивающее системе динамичность, процессы которой описываются нелинейными дифференциальными уравнениями;

4. Очевидность ответа, что означает следующее: информация, позволяющая определить конкретный класс и повысить достоверность, может использоваться для исключения лишнего из рассматриваемого общего числа сомнительных решений;

5. Отказоустойчивость системы: в случае возникновения неблагоприятных условий (к примеру – повреждение частного нейрона) производительность сети в общем падает незначительно;

6. Единообразии при проектировании и анализе: во множестве схожих предметных областей возможно применение одних и тех же ранее сформированных проектных решений искусственной нейронной сети для решения задач;

7. Наличие контекстной информации в структуре, что означает следующее: каждый отдельный нейрон искусственной сети потенциально может быть подвержен влиянию всех ее остальных нейронов;

8. Единообразное и внятное отображение входной информации в выходную. Данное свойство реализуется в процессе обучения искусственной нейронной сети на примерах, в результате которого для каждой конкретной задачи составляется таблица соответствий «вход–выход»;

9. Масштабируемость – параллельная структура искусственных нейронных сетей потенциально ускоряет решение некоторых задач и обеспечивает масштабируемость нейронных сетей в рамках технологии VLSI (*very – large – scale – integrated*: технология формирования сверхбольших интегральных схем, которые содержат от ста тысяч до одного миллиона компонентов).

Структурная схема нейрона (Рисунок 2.5) представляет собой нелинейную модель, состоящую из набора входных сигналов ( $X$ ), синаптических весов ( $W$ ), порога активации ( $b$ ), сумматора, функции активации ( $\varphi$ ) и выходного сигнала.

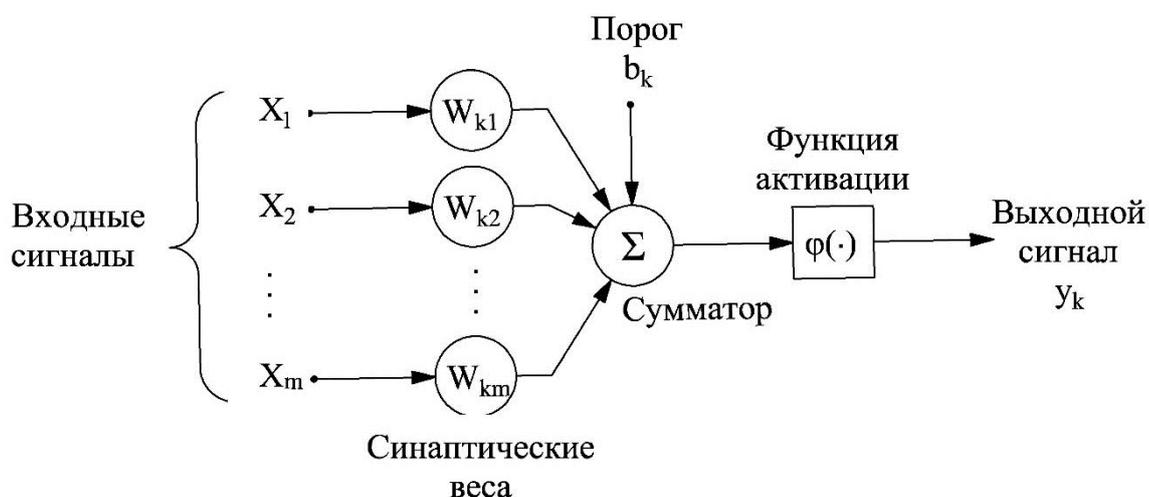


Рисунок 2.5 – Нелинейная модель нейрона

Функционирование нейрона  $k$  можно представить в виде:

$$U_k = \sum_{j=0}^m W_{kj} X_j, \quad (2.3)$$

$$y_k = \varphi(U_k + b_k), \quad (2.4)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – входные сигналы, которые соответствуют показателю параметров нейрона (например, наличие НТСП, своевременный приемочный контроль, применение индивидуального проекта подбора опалубочной системы, отсутствие перебоя снабжения и другие параметры);

$W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}$  – синаптические веса нейрона  $k$  (имеют диапазон значений от 0 до 1), обозначающие значимость каждого влияющего фактора от качества инженерных изысканий до качества поставляемых материалов, изделий и оборудования. Изначально синаптические веса факторов устанавливаются при помощи метода экспертных оценок;

$U_k$  – линейная комбинация входных воздействий;

$b_k$  – порог;

$\varphi(\cdot)$  – функция активации;

$y_k$  – выходной сигнал нейрона, искомое значение единичного показателя качества ОТР в виде количественной характеристики.

Каждый из 19 факторов (например качество проектной и рабочей документации, качество ведения строительного контроля, выполнения функций технического заказчика и другие) приобретают числовое значение. Постсинаптический потенциал, т. е. показатель качества одного фактора (нейрона) с учетом степени его значимости, вычисляется по формуле:

$$V_k = U_k + b_k. \quad (2.5)$$

Упрощенной моделью естественного нейрона (Рисунок 2.7) представляется математический нейрон МакКаллока–Питтса (узел искусственной нейронной сети). Входной сигнал приобретает вес связи (синаптический вес) и переходит в зону импульсов, после чего должно выполняться условие активации (пройден порог активации). Следующей зоной после индуцированного локального поля является нелинейная функция от единственного аргумента – линейной комбинации всех входных сигналов, обозначенная как функция (порог) активации, что синонимично понятиям «функция срабатывания» и «передаточная функция». Итоговой зоной, представленной в структуре искусственного нейрона МакКаллока–Питтса является выходной сигнал.

В рамках исследования существующих типов функций активации рассмотрим функцию единичного скачка, или так называемой пороговой функции (Рисунок 2.6). Графически функция представляется в следующем виде:

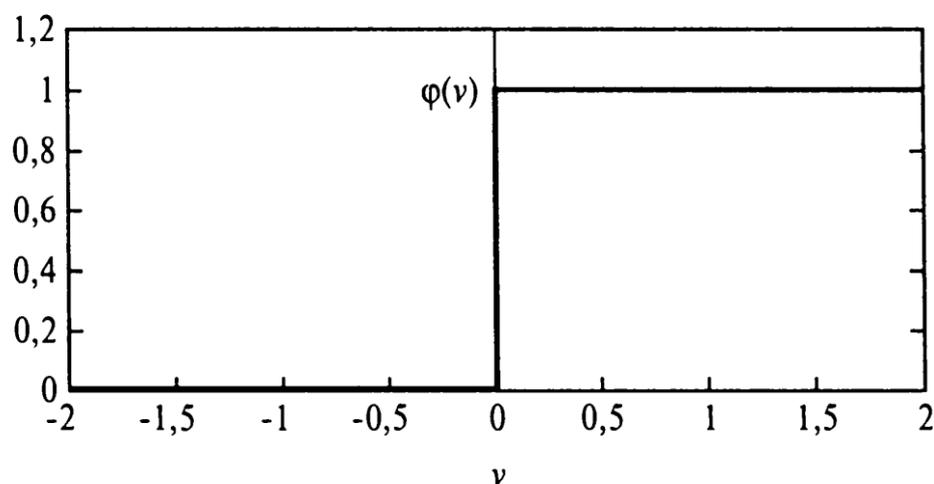


Рисунок 2.6 – Кусочно-линейная функция

Этот тип функции также называют функцией Хэвисайда. Несколько изменив правую часть неравенств получим скорректированное выражение:

$$\varphi_v = \begin{cases} 1, & \text{если } V_k \geq W_{kj} \\ 0, & \text{если } V_k < W_{kj} \end{cases} \quad (2.6)$$

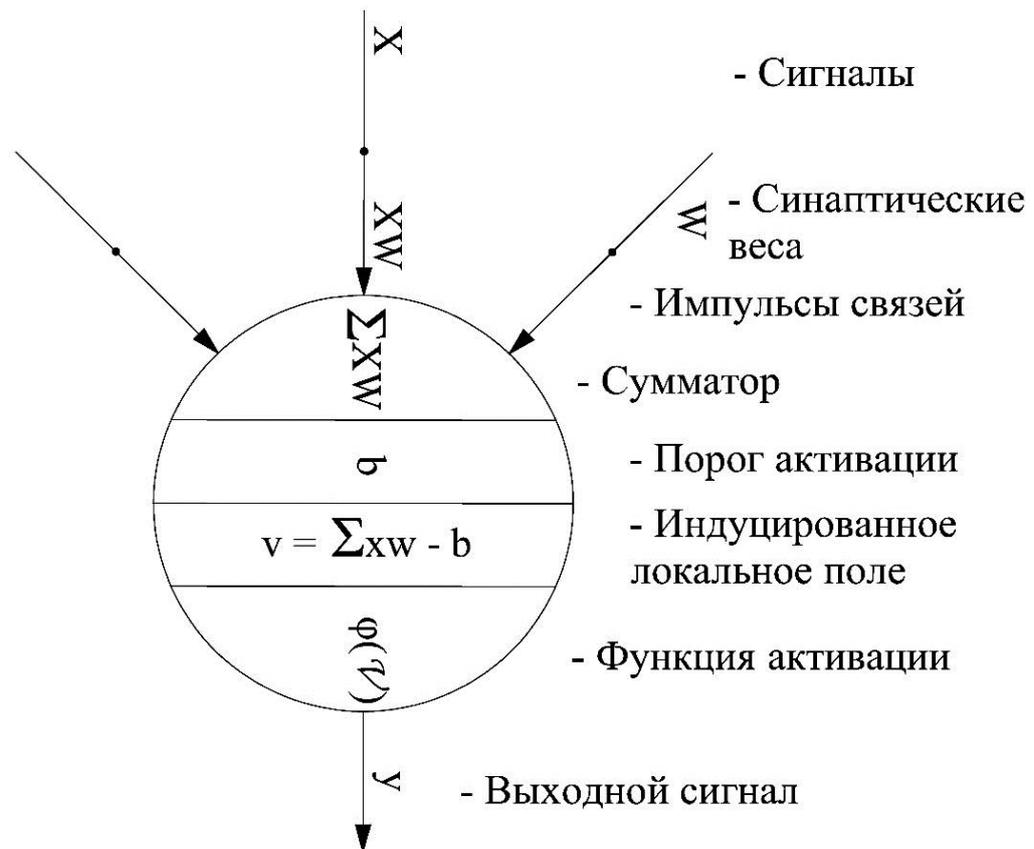


Рисунок 2.7 – Структура искусственного нейрона МакКаллока–Питтса

На Рисунке 2.8 представлена структурная схема работы многослойной (три слоя) искусственной нейронной сети с множеством входных сигналов (55 значений параметров) в виде значений параметров. Процесс расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений начинается с ввода заданной информации на входной слой – сенсоры  $g$ , после чего сформированный вектор входных сигналов поступает по каналам связи к искусственным нейронам на скрытом слое.

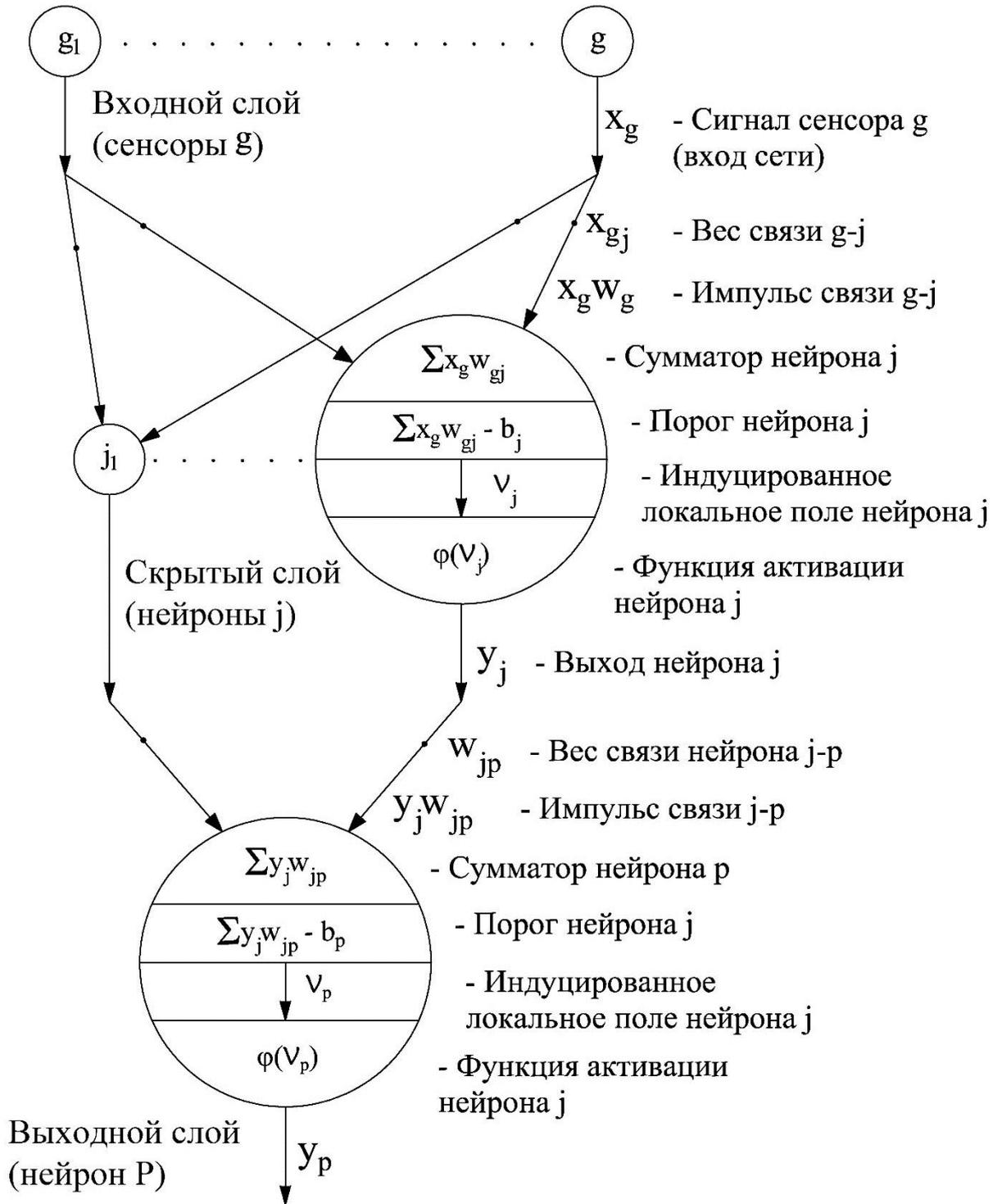


Рисунок 2.8 – Наглядная схема функционирования искусственной нейронной сети

Адаптировав структуру искусственной нейронной сети для задач, поставленных в рамках исследования, получаем схематичную модель работы нейронов, изображенную на Рисунке 2.9.

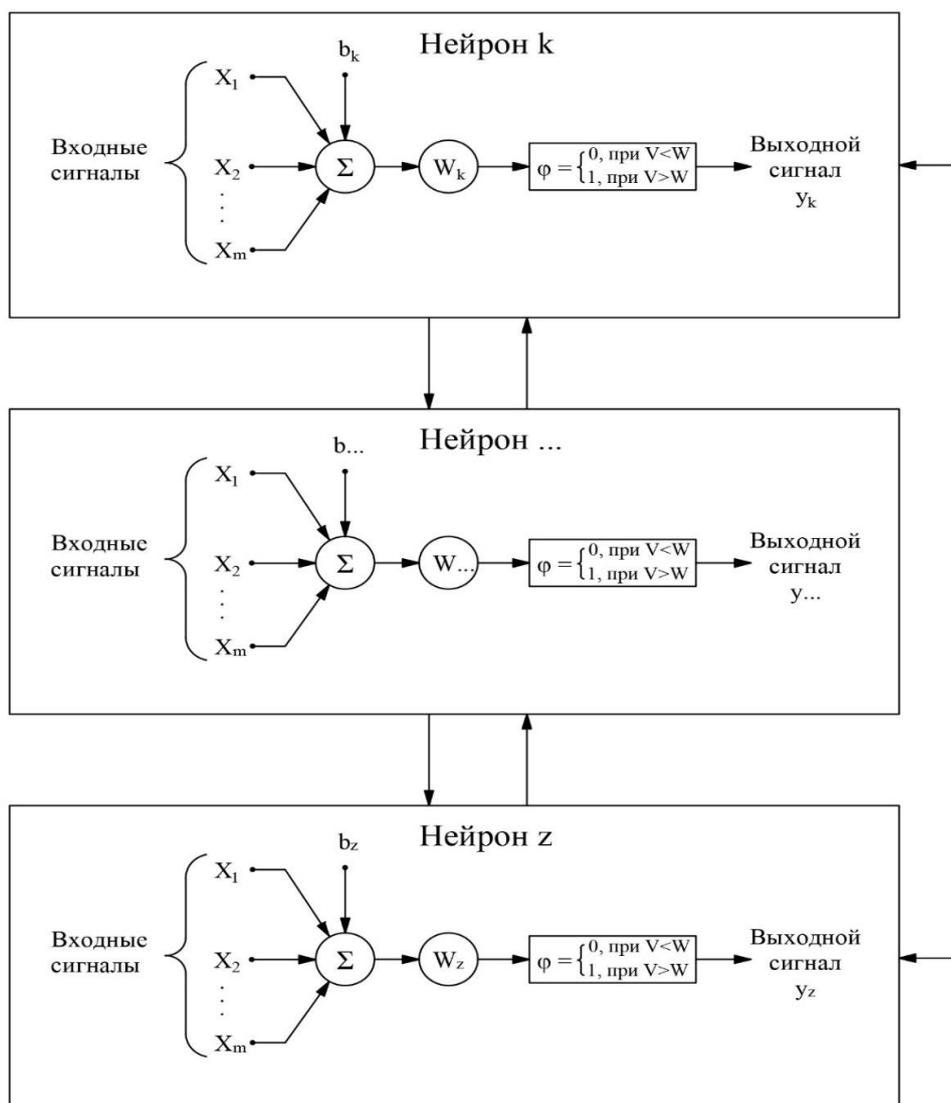


Рисунок 2.9 – Схема функционирования ИНС после адаптации

Каждый фактор системы представляется в виде нейронов со скрытыми слоями, которые взаимодействуют между собой. Таким образом, искусственная нейронная сеть консолидирует полученные данные в общее значение комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении несущих конструкций здания, что в последующем позволяет определить оптимальный диапазон значений для нормирования показателей.

Проведенные исследования в области математического моделирования, а в частности искусственных нейронных сетей, позволяют сделать вывод об актуальности применения такого аппарата для решения поставленных задач [80]. Комплексный подход и адаптивность метода играют важную роль при расчете

столь сложного показателя, как качество организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий. Изменяя параметры и, как следствие, входные данные, мы имеем возможность получать значения показателя в динамике, то есть на любом этапе строительного производства. Все элементы нейронной сети легко адаптируются, а результат являет собой обоснованное искомое значение с учетом многофакторного анализа [121]. Последующие проектные решения в области формирования искусственных нейронных сетей планируются к применению в части эксперимента по анализу степени влияния факторов строительного производства на качество конструктивных элементов каркаса многоэтажных железобетонных зданий.

## **2.7. Выводы по главе 2**

В главе 2 рассмотрен метод планирования эксперимента, выстроены структура и алгоритмы эксперимента. Изучен и применен метод системного анализа. Основная часть главы посвящена определению комплексного показателя качества организационно-технических решений и формированию влияющих факторов, а также детерминации факторов на параметры. Важными задачами, решаемыми в данной главе, являются однозначная интерпретация входных сигналов искусственной нейронной сети в виде характеристик параметров и адаптация математического аппарата в виде ИНС для расчета единичных и комплексных показателей качества организационно-технических решений.

1. Произведено планирование эксперимента для формирования перечня влияющих факторов. Определены алгоритм, цель, задачи, составлен план проведения эксперимента. Собраны и проанализированы входные данные в виде информации с объектов строительства, завершаемых строительством.

2. Изучен и применен в рамках эксперимента для структуризации полученных входных данных метод системного анализа. Определены зависимости качества организационно-технических решений при организации возведения конструктивных элементов зданий от влияющих факторов.

3. Проанализированы единичные показатели качества организационно-технических решений. Сформулировано определение комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Представлена структура комплексного показателя качества организационно-технических решений.

4. Сформирован перечень факторов в количестве 19 позиций, оказывающих основное влияние на процесс возведения конструктивных элементов зданий. Приведены обоснования для учета влияющих факторов. Произведена детерминация влияющих факторов на 55 параметров. Приведено описание параметров и их возможные значения. По результатам экспертного опроса сформированы бланки интервью, определена достаточность влияющих факторов, а также произведено ранжирование факторов с присвоением синаптических весов.

5. Подобран математический аппарат для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Проанализирована и изучена сфера искусственных нейронных сетей и их программирования. Произведена адаптация искусственной нейронной сети для решения задач исследования, определены характеристики входных и выходных сигналов. Сформирована архитектура ИНС, произведена систематизация слоев нейронов, факторов и параметров системы. Представлена схема функционирования искусственной нейронной сети.

### **ГЛАВА 3. МОДЕЛЬ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

В данной главе диссертационного исследования раскрываются основы проектирования искусственных нейронных сетей. Описывается принцип работы ИНС применительно к организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

Развернуто описывается область применения комплексного показателя качества организационно-технических решений с привязкой к влияющим факторам. Приводятся теоретические основы метода. Определяются границы значений комплексного показателя качества, опытным путем устанавливается нормальное значение комплексного показателя качества организационно-технических решений на основе экспериментальных данных с объектов капитального строительства. При помощи вербально-числовой шкалы желательности Харрингтона присваиваются качественные характеристики численным показателям.

На базе сформированного перечня факторов и параметров разрабатывается параметрическая модель с применением искусственной нейронной сети для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений. Формируется методика расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Установлена зависимость времени производства работ по возведению конструктивных элементов монолитных зданий и комплексного показателя качества организационно-технических решений. Представлены графики зависимостей. Разрабатываются рекомендации для повышения значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Рассматриваются факторы и параметры с неудовлетворительными единичными показателями, формируются рекомендации по оптимизации ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Формируется

алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений для оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

### 3.1. Принцип работы искусственной нейронной сети

Математическим инструментом, позволяющим рассчитать комплексный показатель качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов здания, является искусственная нейронная сеть. Консолидируя все сигналы со всех слоев, структура ИНС распределяет их в зависимости от фиксированных значений с учетом переменных показателей. Однозначная интерпретация результатов создается за счет четкого определения значений входных сигналов и фиксированного количества параметров факторов. Для решения поставленных задач была разработана параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений [76]. Программа относится к системе автоматизированного анализа целесообразности применения мероприятий для оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Процесс определения комплексного показателя качества организационно-технических решений начинается с адаптации расчетной модели на базе искусственной нейронной сети к конкретным условиям объекта строительства.

Основа расчетной модели комплексного показателя качества организационно-технических решений строится на базе 19 факторов ( $J_1, J_2, \dots, J_{19}$ ), которые в свою очередь детерминированы на 55 параметров ( $g_1, g_2, \dots, g_{55}$ ).

В зависимости от этапа строительного производства в области конструктивных элементов здания, расчетная модель адаптируется с учетом

имеющейся исходно-разрешительной, проектной, рабочей, исполнительной документации и степенью строительной готовности объекта строительства.

Получение исходных значений для заполнения полей расчетной модели ведется посредством внесения следующих данных:

1. Наименование объекта строительства.
2. Функциональное назначение объекта строительства.
3. Адрес объекта строительства.
4. Техничко-экономические показатели здания.
5. Стадия строительного производства.
6. Качественные характеристики исходно-разрешительной, проектной, рабочей и исполнительной (при наличии) документации.
7. Участники строительного производства и их характеристики.
8. Количественные и качественные характеристики участников строительного производства.
9. Описание фактического состояния конструктивных элементов (при наличии).

Общая структурная схема искусственной нейронной сети (Рисунок 3.1) представляет собой ряд факторов, взаимосвязанных между собой. Каждый нейрон сети содержит информацию о конкретном факторе, характеризуемом показателями параметров, свойственных только рассматриваемому фактору. Группы факторов соответствуют двум этапам: проектно-изыскательские работы и строительномонтажные работы.

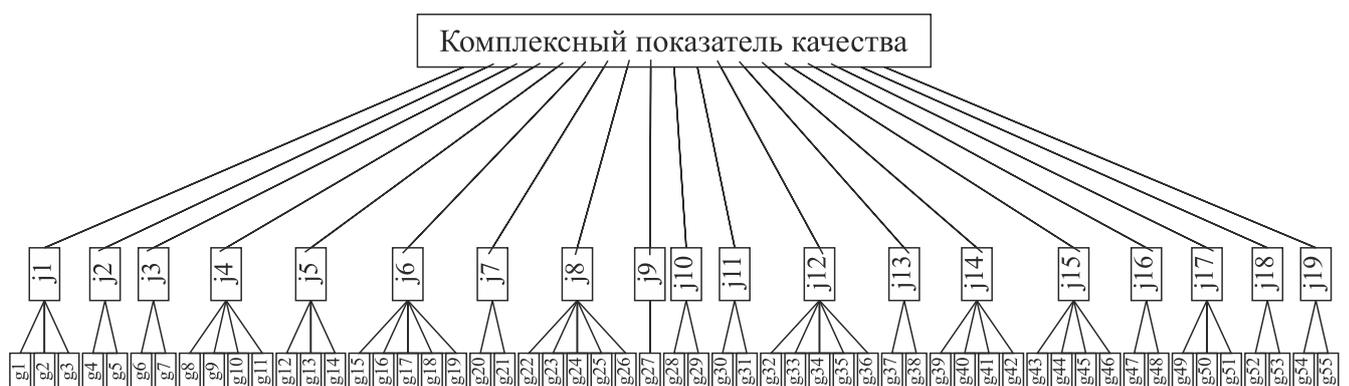


Рисунок 3.1 – Общая структурная схема ИНС в параметрической модели

$g_1$ – $g_{55}$  – параметры влияющих факторов:

$g_1$  – Программа работ утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-геологических изысканий).

$g_2$  – Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ.

$g_3$  – Наличие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-геологических изысканий).

$g_4$  – Программа работ утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-геодезических изысканий).

$g_5$  – Наличие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-геодезических изысканий).

$g_6$  – Программа работ утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-экологических изысканий).

$g_7$  – Наличие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-экологических изысканий).

$g_8$  – Применение технологий BIM (ТИМ) (на стадии разработки проектной документации).

$g_9$  – Отсутствие субподрядных проектных организаций.

$g_{10}$  – Средний стаж сотрудников проектной группы более 5 лет.

$g_{11}$  – Наличие научно-технического сопровождения (на стадии разработки проектной документации).

$g_{12}$  – Наличие научно-технического сопровождения (на стадии разработки рабочей документации).

$g_{13}$  – Детализация и индивидуализация рабочей документации.

$g_{14}$  – Соответствие рабочей документации требованиям утвержденной проектной документации.

$g_{15}$  – Постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке.

$g_{16}$  – Оснащенность службы строительного контроля высокотехнологичными приборами и оборудованием.

*g<sub>17</sub>* – Своевременный входной контроль качества строительных материалов, изделий и оборудования.

*g<sub>18</sub>* – Своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций.

*g<sub>19</sub>* – Своевременный приемочный контроль выполненных работ.

*g<sub>20</sub>* – Ведение авторского надзора разработчиком проектной документации.

*g<sub>21</sub>* – Постоянное присутствие сотрудников авторского надзора в зоне ведения работ.

*g<sub>22</sub>* – Наличие в штате технического заказчика инженера по охране труда и технике безопасности.

*g<sub>23</sub>* – Наличие в штате технического заказчика инженера-технолога.

*g<sub>24</sub>* – Наличие в штате технического заказчика инженера ПТО.

*g<sub>25</sub>* – Наличие в штате технического заказчика инженера по несущим строительным конструкциям.

*g<sub>26</sub>* – Высокая степень коммуникации и управления производственными процессами.

*g<sub>27</sub>* – Наличие службы научно-технического сопровождения (на стадии строительного-монтажных работ).

*g<sub>28</sub>* – Наличие внутренней службы контроля качества, стандартов предприятий, внутренних регламентов.

*g<sub>29</sub>* – Процент выполнения работ исходя их общего объема составляет более 50 % (50 % субподряда).

*g<sub>30</sub>* – Наличие современной высокопроизводительной техники для подъема и перемещения грузов.

*g<sub>31</sub>* – Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации.

*g<sub>32</sub>* – Стаж работы сотрудников генподрядчика не менее 5 лет в области деятельности.

*g<sub>33</sub>* – Высшее образование в области деятельности.

*g<sub>34</sub>* – Повышение квалификации специалистов в области деятельности.

- g*<sub>35</sub> – Разряд инженеров-бетонщиков не ниже 3-го.
- g*<sub>36</sub> – Разряд инженеров-арматурщиков не ниже 3-го.
- g*<sub>37</sub> – Наличие мобильных унифицированных опалубочных систем.
- g*<sub>38</sub> – Применение индивидуального проекта подбора опалубочных систем.
- g*<sub>39</sub> – Пакетирование и предварительная комплектация мелкоштучных элементов.
- g*<sub>40</sub> – Своевременное обеспечение мероприятий по уходу за бетоном.
- g*<sub>41</sub> – Наличие технологических карт, адаптированных к объекту строительства.
- g*<sub>42</sub> – Детализация и индивидуализация рабочей документации.
- g*<sub>43</sub> – Комплектность исполнительной документации (ИД).
- g*<sub>44</sub> – Соответствие ИД требованиям оформления.
- g*<sub>45</sub> – Своевременность оформления ИД.
- g*<sub>46</sub> – Наличие электронного вида ИД.
- g*<sub>47</sub> – Размещение бытового городка соответствует утвержденной проектной документации.
- g*<sub>48</sub> – Отсутствие перебоев снабжения (электричество, вода, тепло и др.).
- g*<sub>49</sub> – Строительство не ведется в зоне действия высоких температур.
- g*<sub>50</sub> – Строительство не ведется в зоне действия низких температур.
- g*<sub>51</sub> – Строительство не ведется в зоне активных сейсмических процессов.
- g*<sub>52</sub> – Поставляемые материалы, изделия и оборудование соответствуют утвержденной проектной документации.
- g*<sub>53</sub> – Отсутствуют значительные дефекты и брак.
- g*<sub>54</sub> – Здание не относится к уникальным.
- g*<sub>55</sub> – Стесненные условия существующей городской застройки отсутствуют.
- J*<sub>1–J</sub><sub>19</sub> – влияющие факторы:
- J*<sub>1</sub> – Качество инженерно-геологических изысканий.
- J*<sub>2</sub> – Качество инженерно-геодезических изысканий.
- J*<sub>3</sub> – Качество инженерно-экологических изысканий.

- J*<sub>4</sub> – Качество проектной документации.
- J*<sub>5</sub> – Качество рабочей документации.
- J*<sub>6</sub> – Качество ведения строительного контроля.
- J*<sub>7</sub> – Качество ведения авторского надзора.
- J*<sub>8</sub> – Качество службы технического заказчика.
- J*<sub>9</sub> – Качество научно-технического сопровождения строительства.
- J*<sub>10</sub> – Качество генподрядной организации.
- J*<sub>11</sub> – Уровень автоматизации и механизации производства.
- J*<sub>12</sub> – Квалификация бригад ИТР.
- J*<sub>13</sub> – Качество опалубочных систем.
- J*<sub>14</sub> – Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций.
- J*<sub>15</sub> – Качество исполнительной документации.
- J*<sub>16</sub> – Качество инженерно-бытовой подготовки производства.
- J*<sub>17</sub> – Природно-климатические факторы.
- J*<sub>18</sub> – Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования.
- J*<sub>19</sub> – Иное.

Выделенные факторы напрямую оказывают влияние на процесс организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. В соответствии с этапами производства работ комплексный показатель качества организационно-технических решений формируется на стадии проектно-изыскательских работ и на стадии строительного-монтажных работ. При этом степень влияния каждого фактора изменяется в зависимости от этапа строительного производства и адаптируется под конкретные условия объекта. Расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений также возможен до начала возведения конструктивных элементов монолитных зданий на базе исходных данных об участниках строительства, прогнозируемых значений параметров.

Искусственная нейронная сеть структурирует все сигналы системы за счет наличия слоев и характерных связей между ними [62]. На внешнем слое

расположены входные сигналы  $x$ , представленные значением параметров от 0 до 1. После суммирующего слоя располагается порог активации функции, позволяющий фактору участвовать в дальнейшем расчете. После этого выходной сигнал принимает значение активированной функции определенного фактора. Сумма сигналов составляет итоговое значение комплексного показателя качества организационно-технических решений в зависимости от этапа строительного производства. Результирующим показателем является сумма всех выходных сигналов в виде комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Одной из отличительных особенностей искусственной нейронной сети является способность обучаться [120]. Существует множество способов обучения, и для реализации поставленных задач исследования выбран метод обучения с учителем. Обучение искусственной нейронной сети позволяет внедрять данные, полученные из реальной модели объекта строительства в структуру модели на любом уровне без изменения общей архитектуры. Таким образом достигается максимальная объективность расчетов с учетом фактического состояния факторов модели и возникают прецеденты для дальнейшего обучения искусственной нейронной сети. Получив информацию из внешней среды, необходимо установить значение входного сигнала для каждого параметра фактора. Принцип назначения входных сигналов можно представить в виде схемы (Рисунок 3.2).

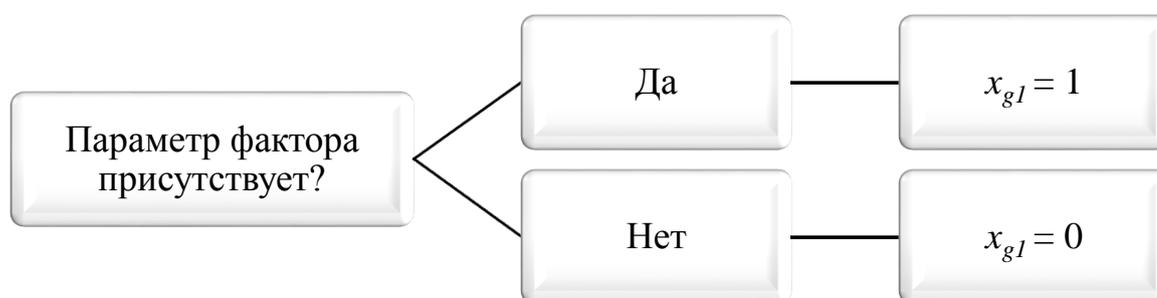


Рисунок 3.2 – Принципиальная схема определения значения входного сигнала параметра  $g_1$

Количество параметров  $g$  внутри факторов  $J$  варьируется от одного до пяти в зависимости от сложности фактора. Рассмотрим на примере природно-климатического фактора процесс детерминации (Рисунок 3.3) и установление показателя параметров.

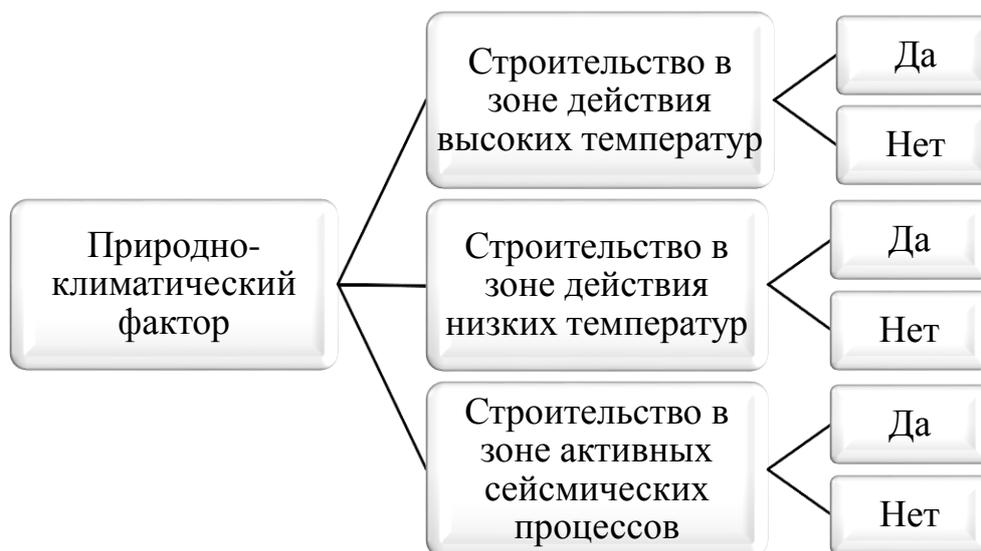


Рисунок 3.3 – Структура детерминированного фактора «природно-климатический фактор»

### 3.1.1. Структура искусственной нейронной сети в параметрической модели

Слой № 1. Входной сигнал. Сенсор  $g$ , содержащий значение входного сигнала  $x_g$ , располагается на первом слое системы ИНС. Условные обозначения входных сигналов первого слоя представляются параметрами  $g_1$ – $g_{55}$ . Входной сигнал может иметь значение 0 либо 1.

Слой № 2. Сумматор. Адаптация расчетной модели происходит за счет установки значений входных сигналов, после чего алгоритм расчета переводит сигнал в поле «сумматор  $\Sigma$ ». В зависимости от количества параметров внутри фактора, значения распределяются в диапазоне от 0 до 5, включая 0 и 5 (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Принцип заполнения поля «сумматор»

Наименование фактора	Параметры фактора	Значение входного сигнала ( $x_i$ )			Сумматор ( $\Sigma$ )
		Да = 1	Нет = 0	$x_i$	
Качество рабочей документации	Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	$x_1$	$x_1 + x_2 + x_3$
	Детализация и индивидуализация рабочей документации	Да = 1	Нет = 0	$x_2$	
	Соответствие рабочей документации требованиям утвержденной проектной документации	Да = 1	Нет = 0	$x_3$	

Слой № 3. Синаптические веса. Значения параметров суммируются в рамках каждого фактора по отдельности, создавая основную часть показателя постсинаптического потенциала. При этом важной фиксированной составляющей постсинаптического потенциала является синаптический вес нейрона  $W_k$ .

$$\sum x_i \times W_{kj}, \quad (3.1)$$

где  $x_j$  – значение входного сигнала;

$W_{kj}$  – синаптический вес фактора.

Таблица 3.2 – Принцип установления синаптического веса

Наименование фактора	Параметры фактора	Значение входного сигнала ( $x$ )	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес ( $W$ )
Уровень автоматизации механизации производства	Наличие современной высокопроизводительной техники для подъема и перемещения грузов	$x_1$	$x_1 + x_2$	[0,1; 0,9]
	Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации	$x_2$		

Синаптический вес является константой в базовой параметрической модели, но может быть скорректирован при адаптации по результатам получения реальных данных из внешней среды и их внедрения в модель после обучения искусственной нейронной сети. Процесс назначения синаптических весов производится оператором при адаптации ИНС (Таблица 3.2), далее, при необходимости, в процессе обучения ИНС.

Слой № 4. Постсинаптический потенциал. Постсинаптический потенциал  $V$  формируется при назначении синаптического веса сумме значений параметров внутри каждого фактора системы. Данный слой искусственной нейронной сети объединяет в себе сигналы, полученные на предыдущих слоях нейрона, и формирует представление об эффективности принятых организационно-технических решений в части определенного вида деятельности. Расчетную формулу определения постсинаптического веса представим в виде:

$$V_k = \sum x_i \times W_{kj}. \quad (3.2)$$

Слой № 5. Функция активации. Получив значение постсинаптического потенциала, сигнал переходит в следующее поле нейрона (пятый слой ИНС) – «порог активации». Условием активации для фактора является неравенство, представленное в виде:

$$\varphi_v = \begin{cases} 1, & \text{если } V_k \geq W_{kj} \\ 0, & \text{если } V_k < W_{kj} \end{cases}. \quad (3.3)$$

При значении в поле функции активации  $\varphi = 0$  условие активации не выполнено, таким образом, фактору, соответственно, присваивается значение 0 (наименьшее возможное). В таких факторах степень влияния на выходной сигнал будет определяться только назначенным на третьем слое искусственной нейронной сети синаптическим весом  $W$ .

В обратной ситуации, когда значение в поле функции активации  $\varphi \geq 1$ , условие активации выполнено, и в расчете выходного сигнала принимает участие целое значение постсинаптического потенциала, определяемое на слое № 4 (постсинаптический потенциал) искусственной нейронной сети.

Выходной сигнал. Искомое значение комплексного показателя качества организационно-технических решений формируется из суммированных значений сигналов предыдущего скрытого слоя нейрона  $k$ . Граничная область значений комплексного показателя качества организационно-технических решений  $y_k = [0; 31,2]$ , где граничные значения комплексного показателя качества ОТР 0 и 31,2 рассчитаны и описаны в параграфе 3.3 диссертационного исследования.

Результирующим действием в параметрической модели является интерпретация численного значения в качественную характеристику в диапазонах «удовлетворительно» и «неудовлетворительно». Все значения комплексного показателя качества организационно-технических решений в области от 22,8 до 31,2, включая граничные значения, относятся к удовлетворительным. Значения области от 0 до 22,7, включая граничные значения, относятся к неудовлетворительным и требуют корректировки организационно-технических решений. Стандартная структура всего процесса формирования выходного сигнала представляется в виде архитектурного графа нейрона (Рисунок 3.4).

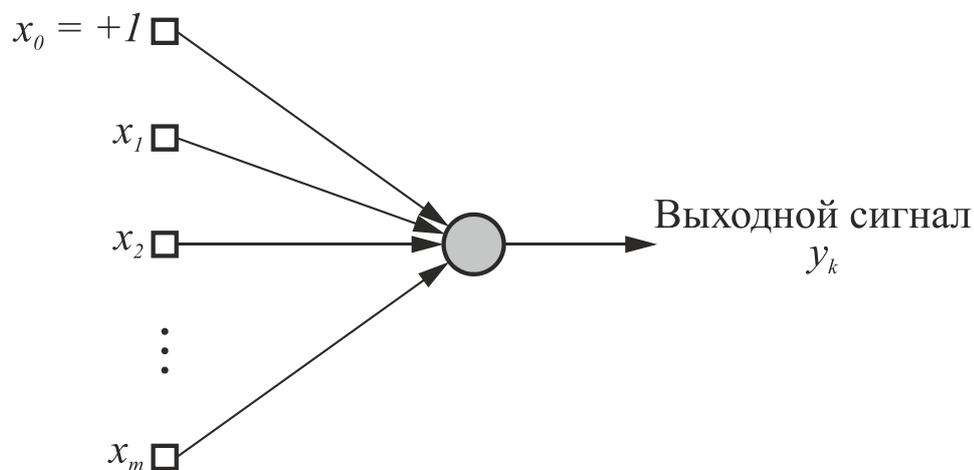


Рисунок 3.4 – Архитектурный граф нейрона

Искусственная нейронная сеть, адаптированная и запрограммированная для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений, реализована в виде параметрической модели оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Элемент главного поля параметрической модели

Качество ведения авторского надзора	7.1.	Ведение авторского надзора разработчиком проектной документации	Да = 1	Нет = 0	1	1	0,2	0,2	1	0,2
	7.2.	Постоянное присутствие сотрудников в зоне ведения работ	Да = 1	Нет = 0	0					
Качество службы технического заказчика	8.1.	Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности	Да = 1	Нет = 0	1	4	0,5	2	1	2
	8.2.	Наличие в штате инженера-технолога	Да = 1	Нет = 0	1					
	8.3.	Наличие в штате инженера ПТО	Да = 1	Нет = 0	0					
	8.4.	Наличие в штате инженера по несущим строительным конструкциям	Да = 1	Нет = 0	1					
	8.5.	Высокая степень коммуникации и управления производственными процессами	Да = 1	Нет = 0	1					
Качество научно-технического сопровождения строительства	9.1.	Наличие службы научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	1	1	0,1	0,1	1	0,1
Качество генпорядной организации	10.1.	Наличие внутренней службы контроля качества, наличие стандарта предприятия, регламентов компании	Да = 1	Нет = 0	1	2	0,5	1	1	1
	10.2.	Процент выполнения работ исходя их общего объема составляет более 50% (50% субподряда)	Да = 1	Нет = 0	1					

Программа относится к системе автоматизированного анализа, тип ЭВМ: IBM PC – совместимый ПК, операционная система: Windows XP/7/8/10 (номер свидетельства: 2021619403).

### 3.1.2. Обучение искусственной нейронной сети

Одним из важных свойств искусственной нейронной сети является возможность обучения на основе реальных данных из окружающей среды, т. е. с объектов, завершаемых строительством, при наличии полного комплекта исходно-разрешительной, проектной, рабочей и исполнительной документации. Обучение ИНС (Рисунок 3.5) происходит в виде интерактивного процесса корректировки

порогов (корректировки граничных значений) и синаптических весов (значимости факторов). Необходимо отметить условия объекта строительства, в которую встраивается ИНС [139]. В диссертационном исследовании применяется метод обучения с учителем, который подразумевает наличие у учителя достоверных знаний о внешней среде. Таким образом, учитель, обладая информацией о фактическом состоянии строительной площадки, участниках строительства, техническом состоянии конструктивных элементов и других влияющих факторах, имеет возможность корректировать элементы искусственной нейронной сети в параметрической модели для корректировки сигналов и достижения объективного результата в виде комплексного показателя качества ОТР.

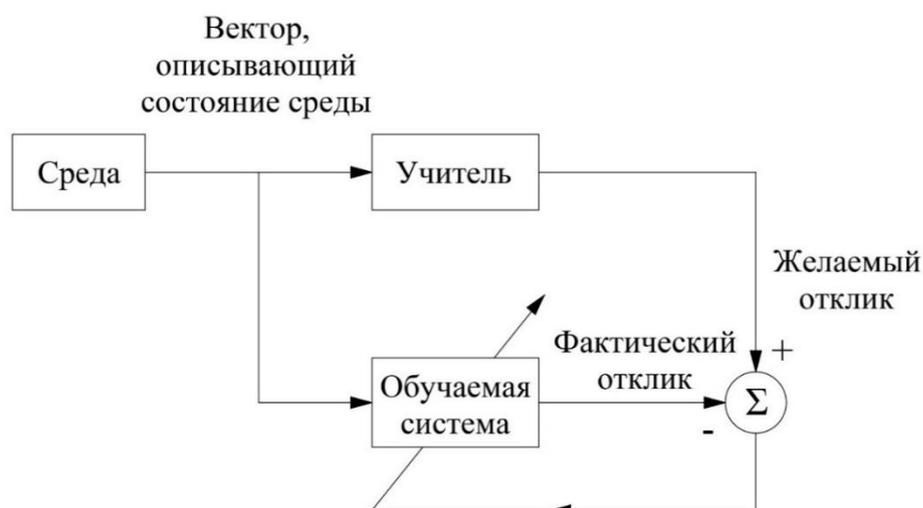


Рисунок 3.5 – Схема процесса обучения с учителем

Общая последовательность обучения ИНС представляется следующим образом:

1. Стимулы из внешней среды через оператора (учителя) попадают в искусственную нейронную сеть.
2. Свободные параметры искусственной нейронной сети меняют свои значения. Изменению подлежат синаптические веса в тех случаях, если назначенные до обучения синаптические веса не обеспечивают реализацию алгоритма с получением достоверного результата.

3. После изменения структуры искусственная нейронная сеть отвечает на возбуждения уже другим образом.

Знания учителя о внешней среде представляются в виде пар вход–выход. При этом искусственной нейронной сети неизвестна сама внешняя среда. Обучение происходит за счет подачи обучающего вектора с желаемым откликом, соответствующим вектору. Далее пошагово выполняется корректировка параметров искусственной нейронной сети с целью копирования нейронной сетью поведения учителя. Описанные процессы базируются на принципе коррекции ошибок. Рассмотрим нейрон  $k$  как определенный узел одного из слоев ИНС. Вектор входного сигнала  $x(n)$  управляет нейроном  $k$ , а скрытые слои нейрона получают информацию входного вектора. Таким образом, сигнал ошибки представляется в виде формулы:

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n), \quad (3.4)$$

где  $e_k(n)$  – сигнал ошибки;

$d_k(n)$  – желаемый выходной сигнал;

$y_k(n)$  – выходной сигнал нейрона  $k$ .

При последовательной корректировке механизм движется от выходного сигнала  $y_k(n)$  к желаемому выходу  $d_k(n)$  за счет изменения синаптических весов, т. е. при помощи минимизации функции стоимости (индекс производительности)  $E(n)$ . Минимизация функции стоимости выполняется по дельта-правилу или правилу Видроу–Хоффа.

$$E(n) = \frac{1}{2} e_k^2(n), \quad (3.5)$$

где  $E(n)$  – текущее значение энергии ошибки.

Корректировка синаптических весов нейрона ведется до окончательной стабилизации всей системы искусственной нейронной сети до точки окончания обучения.

Формирование обучающей выборки выполнено на 30 объектах строительства высокой степени строительной готовности. Рассмотрены прецеденты для каждого влияющего фактора, что позволяет провести пошаговое обучение ИНС от первого до последнего фактора в отдельности. Выборка состоит из 570 обучающих примеров. Количество примеров определено при помощи метода максимального правдоподобия.

Метод максимального правдоподобия является популярным инструментом при создании статистических моделей на основе данных в разных областях науки и техники [39]. Из сведений о завершённых строительстве объектов имеются данные о фактическом комплексном показателе качества организационно-технических решений некоторого количества объектов, при этом предполагается, что значение комплексного показателя качества организационно-технических решений является нормально распределенной величиной с неизвестной дисперсией и средним значением. Среднее значение и дисперсия комплексного показателя качества ОТР в выборке являются максимально правдоподобными к среднему значению и дисперсии всех объектов строительства. Для фиксированного набора данных и базовой вероятностной модели, используя метод максимального правдоподобия, получим значения параметров модели, которые делают данные более близкими к реальным.

Имеется обучающая выборка  $X_1, \dots, X_n$  из распределения  $\mathbb{P}_\theta$ , где  $\theta \in \Theta$  — неизвестные параметры.

$L(\mathbf{x} | \theta): \Theta \rightarrow \mathbb{R}$  — функция правдоподобия, где  $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ .

Тогда определим точечную оценку по формуле:

$$\hat{\theta}_{\text{МП}} = \hat{\theta}_{\text{МП}}(X_1, \dots, X_n) = \underset{\theta \in \Theta}{\operatorname{argmax}} L(X_1, \dots, X_n | \theta) \quad (3.6)$$

Такую оценку называют оценкой максимального правдоподобия параметра  $\theta$ .

### 3.1.3. Принципы перекрестной проверки результатов расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений в параметрической модели

После адаптации и запуска искусственной нейронной сети для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений требуется периодическое проведение проверки для сопоставления расчетных величин с фактическими данными. Существующая методика перекрестной проверки также называется кросс-валидацией (*cross-validation*) [138]. Перекрестная проверка применяется для проверки и обучения алгоритма ИНС на статистических данных (обучающих выборках). При перекрестной проверке обучающие данные делятся на части для каждого фактора расчетной модели. Искусственная нейронная сеть обучается, используя все, кроме одной из частей, а тестируется – на оставшейся неиспользованной части данных. В последующем части изменяются несколько раз так, что обучение и проверка происходит на всех данных последовательно [140]. В Таблице 3.4 показан процесс перекрестной проверки с обучающими данными для всех факторов системы.

Таблица 3.4 – Процесс перекрестной проверки с обучающими данными

Наименование фактора	А	В	С	Д	Е
Качество инженерно-геологических изысканий	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество инженерно-геодезических изысканий	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество инженерно-экологических изысканий	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений

Продолжение Таблицы 3.4

Наименование фактора	А	В	С	Д	Е
Качество проектной документации	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений
Качество рабочей документации	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>
Качество ведения строительного контроля	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений
Качество ведения авторского надзора	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество службы технического заказчика	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество научно-технического сопровождения строительства	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество генподрядной организации	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Уровень автоматизации и механизации производства	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Квалификация бригад ИТР	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений
Качество опалубочных систем	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>
Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений
Качество исполнительной документации	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество инженерно-бытовой подготовки производства	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений

Продолжение Таблицы 3.4

Наименование фактора	А	В	С	Д	Е
Природно-климатические факторы	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений
Иное	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений	<i>Тестовое множество значений</i>	Обучающее множество значений	Обучающее множество значений

Обучающий набор данных разбит на пять подмножеств от *A* до *E*. Сначала информационная модель в части первого фактора «Качество инженерно-геологических изысканий» обучается на частях *B–E* и тестируется на данных *A*. На последующей итерации (втором факторе) ИНС обучается на разделах *A, C, D* и *E* и тестируется на данных части *B*. Обучающие части меняются до тех пор, пока ИНС не обучится и не будет протестирована на всех частях выборки. Таким образом происходит точная оценка эффективности параметрической модели на всех слоях ИНС.

### 3.2. Алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений

Параметрическая модель с ИНС позволяет рассчитать степень соответствия всех влияющих факторов требуемым характеристикам на основании имеющихся значений параметров и интерпретировать количественный показатель в качественную характеристику («удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Автоматизация расчетного процесса за счет применения искусственной нейронной сети позволяет многократно ускорить процесс анализа объекта строительства [128].

**Шаг 1 – Сбор исходных данных.** Первым обязательным действием оператора является сбор фактических данных с объекта строительства. Важно

понимать степень строительной готовности объекта. При этом имеется пропорциональная зависимость: с увеличением степени строительной готовности объекта прогностическая и предиктивная составляющая комплексного показателя качества ОТР уменьшается (обратно пропорциональная зависимость), а фактическая составляющая увеличивается (прямо пропорциональная зависимость).

Адаптация интерактивной параметрической модели с ИНС ведется посредством присвоения значений параметрам значений от 0 до 1. Данные о наличии и качестве отчетов по результатам инженерных изысканий, качестве проектной и рабочей документации предоставляются главным инженером проекта и службой НТС (при наличии) (Рисунок 3.6). Полный перечень параметров и факторов отображается в параметрической модели уже на момент запуска процесса.

Значения параметров на стадии строительного-монтажных работ присваиваются на базе данных, предоставляемых директором по строительству генподрядной и субподрядных организаций, руководителем проекта. Руководители служб аккумулируют полученную информацию от производителей работ, начальников участков, инженеров ОТК и транслируют оператору.

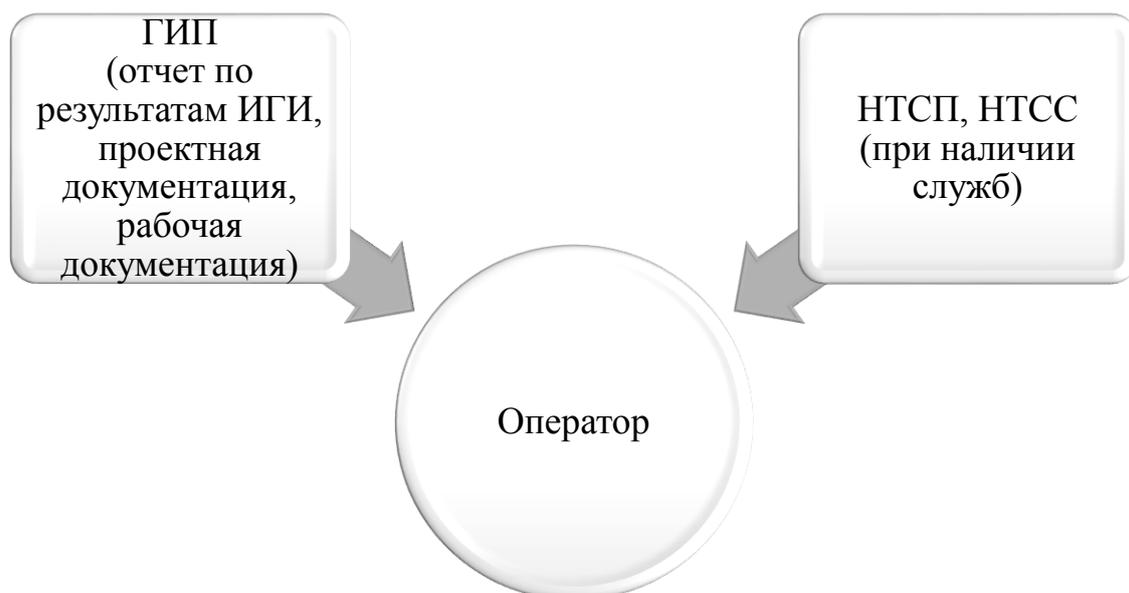


Рисунок 3.6 – Схема взаимодействия сотрудников на стадии проектно-изыскательских работ

Основными документами для адаптации параметрической модели являются отчеты по результатам инженерных изысканий, проектная и рабочая документация, исполнительная документация, акты осмотров и предписания, протоколы комиссий и проверок уполномоченных органов контроля. На стадии проектно-изыскательских работ требуются следующие документы:

- договор подряда на проектно-изыскательские работы (включая задание на проектирование),
- отчет по результатам инженерно-геологических изысканий,
- отчет по результатам инженерно-геодезических изысканий,
- отчет по результатам инженерно-экологических изысканий,
- проектная документация (разделы в соответствии с требованиями задания на проектирование и с Постановлением Правительства РФ № 87),
- рабочая документация,
- отчеты службы научно-технического сопровождения ПИР (при наличии службы НТСП).

На стадии строительного-монтажных работ требуются:

- договор генерального подряда и субподряда на выполнение СМР,
- документы о квалификации сотрудников,
- исполнительная документация,
- отчеты службы строительного контроля,
- протоколы и заключения испытательной лаборатории,
- журнал авторского надзора,
- отчеты службы научно-технического сопровождения СМР (при наличии службы НТСС).

Все получаемые и передаваемые данные должны быть достоверными и подтверждаться официальной заверенной документацией, а также носить объективный характер. Искажение действительности напрямую влияет на значение факторов и, как следствие, на комплексный показатель качества. Документация

комплектуется руководящим звеном представителей строительного процесса и аккумулируется оператором для адаптации параметрической модели (Рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Схема взаимодействия сотрудников на стадии строительномонтажных работ

**Шаг 2 – Установление значений параметров.** Требуется установить значения параметров модели на базе проанализированной документации в поле «значение входного сигнала  $x$ » (выделено зеленым цветом). Заполнение полей (Таблица 3.5) осуществляется оператором в любой последовательности.

Таблица 3.5 – Пример установки значений входных сигналов параметрической системы

№ п/п	Наименование фактора	Параметры фактора		Значение входного сигнала ( $x$ )		
		1.1.	1.2.	Да = 1	Нет = 0	1
1.	Качество инженерно-геологических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	Да = 1	Нет = 0	1	
		Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ	Да = 1	Нет = 0	1	
		Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	0	

Продолжение Таблицы 3.5

№ п/п	Наименование фактора	Параметры фактора		Значение входного сигнала (x)		
2.	Качество инженерно-геодезических изысканий	2.1.	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	Да = 1	Нет = 0	1
		2.2.	Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	0
3.	Качество инженерно-экологических изысканий	3.1.	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	Да = 1	Нет = 0	1
		3.2.	Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	0
4.	Качество проектной документации	4.1.	Применение технологий BIM	Да = 1	Нет = 0	0
		4.2.	Отсутствие субподрядных проектных организаций	Да = 1	Нет = 0	0
		4.3.	Средний стаж сотрудников проектной группы более 5 лет	Да = 1	Нет = 0	1
		4.4.	Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	0

**Шаг 3 – Расчет комплексного показателя качества ОТР.** После адаптации информационной модели и присвоения значений параметрам происходит автоматический расчет постсинаптического потенциала каждого нейрона – значения каждого фактора с учетом синаптического веса. В структуре процесса действие названо формированием нейронов. Следующим автоматизированным действием является выполнение логической операции конъюнкции и расчет непосредственно комплексного показателя качества организационно-технических решений (Таблица 3.6).

В результате итогового действия искусственной нейронной сети параметрической модели интерпретирует количественное значение комплексного показателя качества организационно-технических решений в диапазоне от 0 до 31,2 в качественное значение «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 3.6 – Пример расчета постсинаптического потенциала и комплексного показателя качества ОТР

№ п/п	Наименование фактора	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес ( $W$ )	Постсинаптический потенциал ( $V$ )	Функция активации ( $\varphi$ )	Выходной сигнал ( $y$ )
1.	Качество инженерно-геологических изысканий	2	0,4	0,8	1	0,8
2.	Качество инженерно-геодезических изысканий	1	0,3	0,3	1	0,3
...	...	...	...	...	...	...
						25,3 (удовлетворительно)

**Шаг 4 – Завершение расчета.** В случае удовлетворительного результата процесс расчета комплексного показателя качества ОТР завершен успешно, принятые ОТР обеспечивают достаточный уровень значений факторов и соответственно параметров. Протокол сформирован, окончание работы программного комплекса.

Неудовлетворительный результат запускает процесс формирования рекомендаций по приведению показателей параметров к требуемым границам. Протокол сформирован и содержит перечень параметров с отклонениями (отдельно выделены особо отстающие факторы).

**Шаг 5 – Корректировка ОТР.** Требуется произвести корректировку организационно-технических решений по рекомендациям, сформированным для каждого параметра. После реализации рекомендованных мероприятий итерации повторяются с момента запуска программного комплекса (шаг 1) до момента получения значения комплексного показателя качества ОТР «удовлетворительно» (шаг 3). Протокол сформирован, окончание работы программного комплекса. Таким образом, полный цикл расчета (Рисунок 3.8) может быть завершен при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества ОТР.

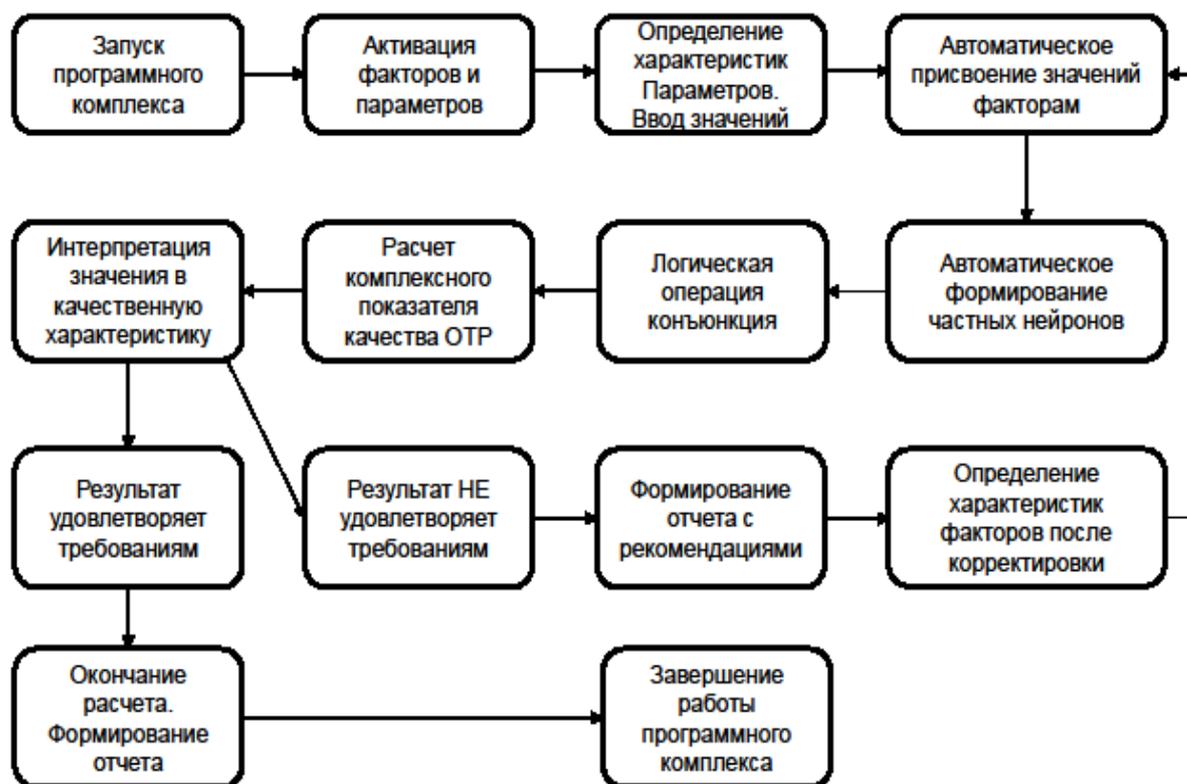


Рисунок 3.8 – Алгоритм расчета комплексного показателя качества ОТР

Обучение искусственной нейронной сети в параметрической модели (Таблица 3.7) происходит по мере получения новых прецедентов с объектов, завершенных строительством, т. е. при наличии достоверных данных о каждом факторе и конечном результате строительства.

Первым шагом обучения является установка оператором значений входных сигналов  $x$  (значения параметров) и выходного сигнала  $y$  (значение комплексного показателя качества в качественном выражении «удовлетворительно» / «неудовлетворительно»).

Таким образом, значения столбцов 3, 7 являются константой. Корректировка на следующем шаге осуществляется обратным ходом от функции активации (столбец 6) к слою сумматора (столбец 4). Применение перекрестной проверки (кросс-валидации) в процессе обучения повышает точность настройки ИНС, что

повышает достоверность результата и расширяет диапазон знаний расчетной модели об окружающей среде с каждой новой итерацией обучения.

Таблица 3.7 – Фрагмент обучающей выборки

№ п/п	Параметры фактора	Значение входного сигнала ( $x$ )	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес ( $W$ )	Функция активации ( $\varphi$ )	Выходной сигнал ( $y$ )
1	Качество проектной документации	Задано учителем	$x_1 + x_2 + x \dots + x_n$	0,6	Если $\Sigma \geq W$	$y_1$
2	Качество рабочей документации	Задано учителем	$x_1 + x_2 + x \dots + x_n$	0,8	Если $\Sigma \geq W$	$y_2$
...						
$n$	Иное					
Численное значение комплексного показателя качества ОТР						$\Sigma y$
Качественное значение комплексного показателя качества ОТР						Задано учителем

### 3.3. Определение граничных и нормального значений комплексного показателя качества организационно-технических решений

Для однозначной интерпретации полученных значений комплексного показателя качества организационно-технических решений воспользуемся знаковой системой в виде многоинтервальной дискретной вербально-числовой шкалы Харрингтона (функция желательности Харрингтона) [7]. Функция представляет собой возрастающую функцию в интервале от нуля до единицы. Лингвистическая оценка шкалы Харрингтона представляется значениями «очень хорошо», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо», «очень плохо». Для решения задач диссертационного исследования достаточно значений «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По результатам расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений определяются факторы с наихудшими показателями

параметров, а для распределения результатов по зонам внутри интервалов удовлетворительных и неудовлетворительных значений определим границы оптимальных и нормальных значений.

Границы оптимальных значений комплексного показателя качества ОТР. Для формирования пограничного значения комплексного показателя качества ОТР была сформирована выборочная совокупность, или выборка, по результатам натуральных наблюдений и анализа возведенных конструктивных элементов монолитных зданий. Для формирования выборки были использованы данные из проектной, рабочей и исполнительной документации, а также результаты инженерно-технических обследований и протоколы испытательных лабораторий. Граница нормального значения комплексного показателя качества организационно-технических решений определялась на базе данных с уже реализованных объектов строительства при всех известных показателях, в том числе продолжительности возведения конструктивных элементов. Все результаты наблюдений и анализа сформированы в выборку, представленную в Таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Сопоставление продолжительности возведения конструктивных элементов и комплексного показателя качества ОТР

№ п/п	Наименование объекта строительства	Проектная продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Фактическая продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Значение комплексного показателя качества ОТР	Обозначение арифметической величины
1	Жилой комплекс. г. Москва, Ореховый бульвар, владение 24. Корпус 2	480	483	22,9	$x_1$
2	Жилой комплекс. г. Москва, ул. Адмирала Макарова, вл. 6. Корпус 3, 4	510	510	22,8	$x_2$
3	Жилой комплекс. г. Москва, ул. Золоторожский Вал, вл. 11	540	537	23,0	$x_3$
4	Жилой комплекс. г. Москва, Кронштадтский бульвар, вл. 9. Корпус 1	240	243	23,0	$x_4$

Продолжение Таблицы 3.8

№ п/п	Наименование объекта строительства	Проектная продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Фактическая продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Значение комплексного показателя качества ОТР	Обозначение арифметической величины
5	Жилой комплекс. г. Москва, Кронштадтский бульвар, вл. 9. Корпус 2	240	240	22,8	$x_5$
6	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 7	135	138	21,9	$x_6$
7	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 8	90	90	22,8	$x_7$
8	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 9	90	90	22,8	$x_8$
9	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 10	90	96	22,2	$x_9$
10	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 11	90	90	22,8	$x_{10}$
11	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 12	90	90	22,8	$x_{11}$
12	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 13	90	90	22,8	$x_{12}$
13	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 14	90	90	22,8	$x_{13}$
14	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 15	90	93	22,2	$x_{14}$
15	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 16	90	90	22,8	$x_{15}$
16	Жилой комплекс. Нижегородская обл., п. Новинки. Корпус 17	90	90	22,8	$x_{16}$
17	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 1	450	450	22,8	$x_{17}$
18	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 2	420	423	22,7	$x_{18}$

Продолжение Таблицы 3.8

№ п/п	Наименование объекта строительства	Проектная продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Фактическая продолжительность возведения конструктивных элементов (дней)	Значение комплексного показателя качества ОТР	Обозначение арифметической величины
19	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 3	510	510	22,8	$x_{19}$
20	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 4	300	300	23,1	$x_{20}$
21	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 5	210	210	22,8	$x_{21}$
22	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 11	540	540	22,8	$x_{22}$
23	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 12	540	540	22,8	$x_{23}$
24	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 23	210	213	22,5	$x_{24}$
25	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 24	210	210	22,8	$x_{25}$
26	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 25	555	555	22,8	$x_{26}$
27	Жилой комплекс. г. Москва, ул. 6-я Радиальная, вл. 7. Корпус 27	360	360	22,8	$x_{27}$
28	Жилой комплекс. г. Москва, ул. Народного Ополчения, вл. 15. Корпус 2, 3, 4	450	450	23,4	$x_{28}$
29	Жилой комплекс. г. Москва, район Хорошево-Мневники. Корпус 12	525	525	23,7	$x_{29}$
30	26-этажное здание. г. Москва, проспект Вернадского Владение 10	780	783	22,8	$x_{30}$

Значения комплексного показателя качества организационно-технических решений формируются на основе 19 факторов с известными показателями параметров путем присвоения входных сигналов искусственной нейронной сети.

Получив значения комплексного показателя качества ОТР с объектов, завершённых строительством, сопоставим данные о времени, затраченном на возведение конструктивных элементов монолитных зданий по плану (в соответствии с проектом организации строительства) и по фактическим данным. В результате сопоставления получаем зависимость, выраженную графиком (Рисунок 3.9).

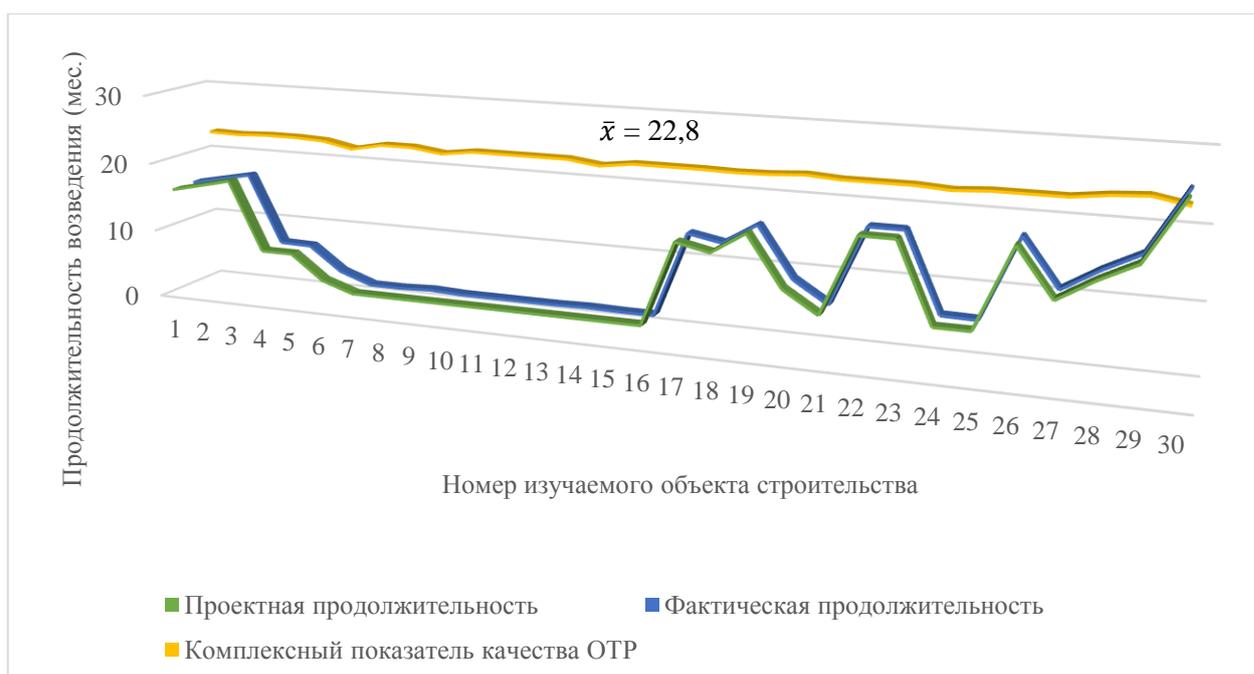


Рисунок 3.9 – Сопоставление проектной и фактической продолжительности возведения конструктивных элементов построенных зданий

Смоделируем наихудшую ситуацию, когда каждый параметр каждого фактора равен нулю. Тогда минимальное значение комплексного показателя качества организационно-технических решений равно нулю при показателях всех параметров всех факторов, также равных нулю. Максимальное значение комплексного показателя качества организационно-технических решений равно 31,2 при показателях всех параметров всех факторов, равных максимально возможному значению, т. е. когда каждый параметр каждого фактора равен единице (максимальному значению). В таком случае диапазон значений комплексного показателя качества ОТР ограничен числами 0 и 31,2.

Нормальное значение комплексного показателя качества организационно-технических решений рассчитаем на базе выборки фактических значений комплексного показателя качества ОТР (Таблица 3.7) при наличии фактически смонтированных конструктивных элементов возведенных монолитных зданий (конструктивные элементы зданий реализованы строительством, степень строительной готовности более 90 %). Вычислим среднюю арифметическую величину  $\bar{x}$ .

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}. \quad (3.7)$$

$$\bar{x} = \frac{22,9 + 22,8 + \dots + 22,8}{30} = 22,8. \quad (3.8)$$

Для расчета нормального значения комплексного показателя качества ОТР применим ряд формул. Рассчитаем среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{D}, \quad (3.9)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение,  
 $D$  – дисперсия.

$$D = \overline{x^2} - \bar{x}^2, \quad (3.10)$$

где  $\bar{x}$  – средняя арифметическая величина.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}, \quad (3.11)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(22,9 - 22,8)^2 + \dots + (22,8 - 22,8)^2}{30}} = 0,32. \quad (3.12)$$

Рассчитаем дисперсию:

$$\sigma^2 = 0,102. \quad (3.13)$$

Таким образом, нормальное значение комплексного показателя качества ОТР составляет 22,8 при:

- среднеквадратическом отклонении  $\sigma = 0,32$ ;
- дисперсии  $\sigma^2 = 0,102$ ;
- коэффициенте вариации  $V = 1,41 \%$ ;
- отношении показателя асимметрии к его ошибке  $A/m_a = -0,34$ ;
- отношении показателя эксцесса к его ошибке  $E/m_e = 3,23$ ;
- среднем линейном отклонении  $\bar{d} = 0,16$ .

Данные расчеты позволяют установить значения удовлетворительного комплексного показателя качества организационно-технических решений (статус «удовлетворительно») в диапазоне от 22,8 до 31,2 включительно, значения неудовлетворительного комплексного показателя качества организационно-технических решений (статус «неудовлетворительно») устанавливается в диапазоне от 0 до 22,8 (Рисунок 3.10). Общий перечень значений, которые может принимать комплексный показатель качества, содержит 57 вариантов, представленных в Приложении Б.

Основным индикатором, позволяющим оценить достоверность значений комплексного показателя качества организационно-технических решений, является срок возведения конструктивных элементов монолитных зданий. По результатам сопоставления данных с фактически возведенных объектов выведена следующая зависимость времени возведения конструктивных элементов монолитных зданий от значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

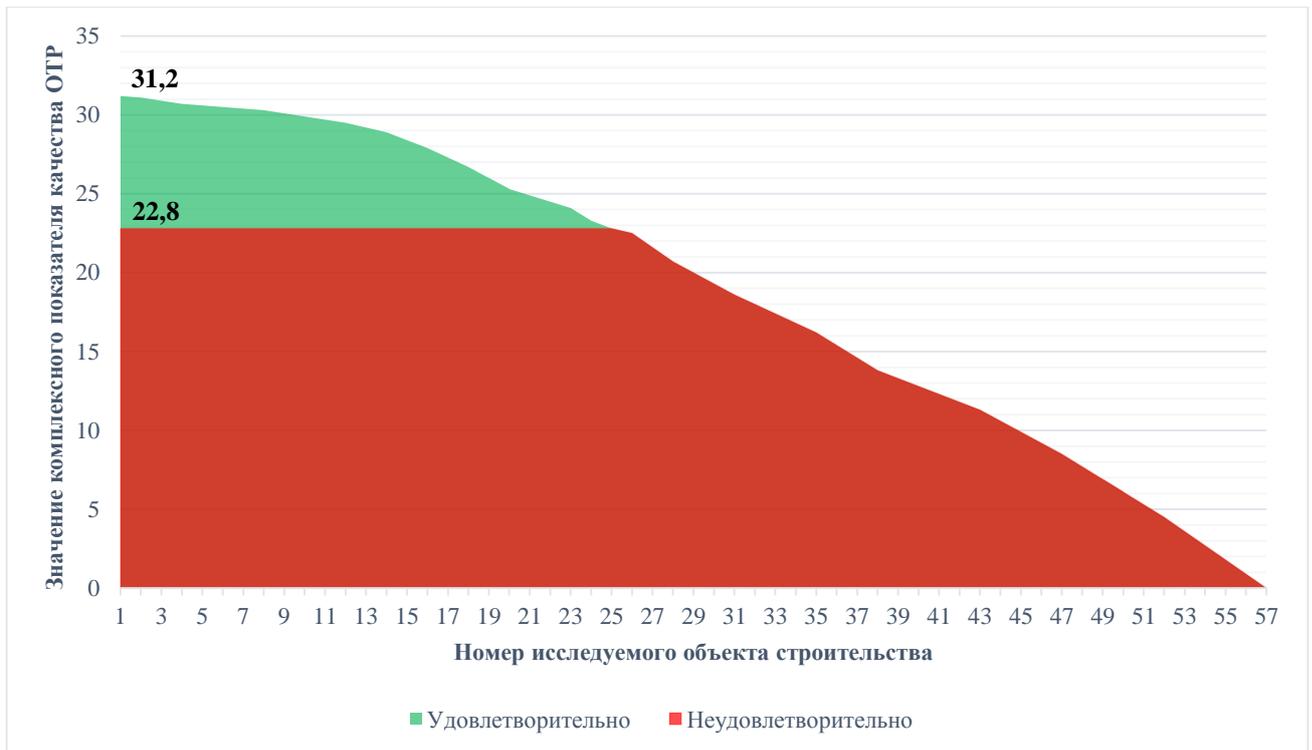


Рисунок 3.10 – Области значений комплексного показателя качества организационно-технических решений

Установим объем возводимых конструктивных элементов монолитного здания как 100 % (проектное значение длительности возведения конструктивных элементов монолитного здания) при полном соответствии проекту организации строительства (ПОС) и проекту производства работ (ППР), в таком случае значение комплексного показателя качества организационно-технических решений составляет 22,8. При достижении наилучшего значения комплексного показателя качества организационно-технических решений (31,2) возможное фактическое сокращение продолжительности возведения конструктивных элементов здания составляет 24 % от нормативной проектной продолжительности возведения. Наихудшее значение комплексного показателя качества организационно-технических решений (0) соответствует увеличению фактической продолжительности возведения конструктивных элементов здания почти в три раза. Зависимость комплексного показателя качества организационно-технических решений от фактической продолжительности возведения конструктивных элементов монолитных зданий представлена на графике (Рисунок 3.11).

Детально сопоставление вариантов значений комплексного показателя качества организационно-технических решений и процент сокращения (либо увеличения) времени, затраченного на возведение конструктивных элементов монолитных зданий, представлено в Приложении Б.

В результате установления зависимости выявлено следующее: при достижении значения «удовлетворительно», т. е. комплексный показатель качества организационно-технических решений равен 22,8, фактическая продолжительность возведения конструктивных элементов монолитных зданий соответствует нормативному проектному значению, установленного проектом организации строительства. При увеличении значения комплексного показателя качества организационно-технических решений сокращение продолжительности возведения конструктивных элементов зданий происходит обратно пропорционально.

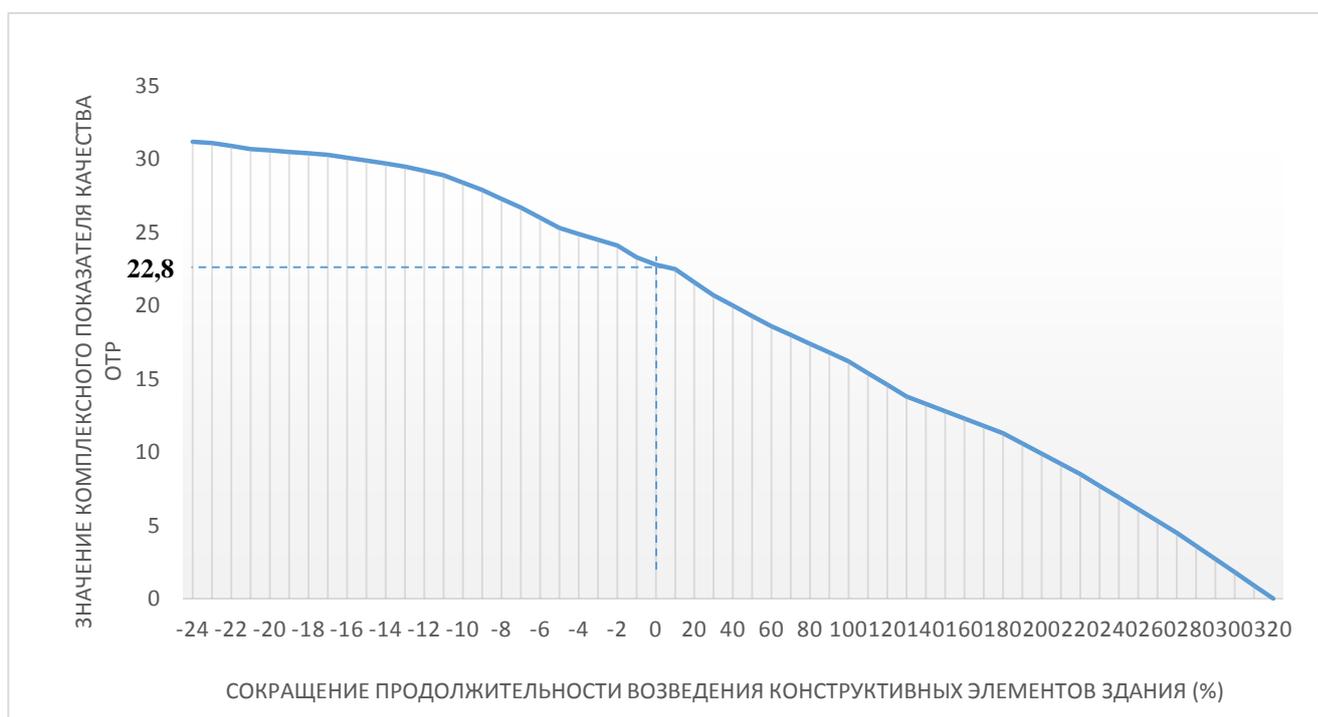


Рисунок 3.11 – График зависимости комплексного показателя качества организационно-технических решений от фактической продолжительности возведения конструктивных элементов

### **3.4. Формирование методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий**

Для реализации механизмов расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений необходимо сформировать исходные данные, содержащие информацию о параметрах системы: этап строительства, наличие и степень готовности отчетов по результатам инженерных изысканий, наличие и степень готовности проектной и рабочей документации, наличие положительного заключения экспертизы, информация об исходно-разрешительной документации, степень строительной готовности объекта, данные об участниках строительства, квалификация персонала и другие характеристики для заполнения поля «значение входного сигнала».

Важным этапом запуска расчетного алгоритма является правильная активация факторов и параметров. Отсутствующим параметрам должны быть присвоены значения 0 для последующего исключения параметров из искусственной нейронной сети и параметрической модели соответственно. Автоматически будут исключены из расчета и факторы, не прошедшие порог активации за счет низкого значения параметров.

На следующем шаге реализации методики необходимо присвоить значения активированным параметрам. В случае наличия параметра присваивается значение 1, при отсутствии параметра – значение 0. После настройки всех 55 параметров производится запуск следующего шага.

Механизм расчета значений каждого нейрона искусственной сети запускается в автоматическом режиме после подтверждения установленных значений всех параметров системы. Отображаемые данные позволяют оценить значение каждого влияющего фактора в отдельности. Логическая операция конъюнкция продолжается автоматическим расчетом комплексного показателя качества организационно-технических решений в виде численного значения в диапазоне от 0 до 31,2. Полученное значение интерпретируется с применением

вербально-числовой шкалы Харрингтона и располагается в одном из диапазонов: «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

В случае получения удовлетворительного результата с комплексным показателем качества организационно-технических решений, превышающим значение 22,8, расчет завершен, мероприятия по оптимизации организации возведения конструктивных мероприятий не требуются. При этом параметрическая модель позволяет произвести повышение показателей отдельных факторов для достижения еще более высоких значений комплексного показателя качества организационно-технических решений. Данные мероприятия реализуются посредством применения рекомендаций.

Второй вероятный результат расчета комплексного показателя качества – получение неудовлетворительного значения. В таком случае оператором формируется отчет, в котором обратным методом описываются факторы с наименьшими единичными значениями. Параметры, имеющие наихудшие значения, требуют корректировки в соответствии с рядом рекомендаций по оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания, после реализации которых требуется повторно произвести расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Рекомендации по оптимизации возведения конструктивных элементов монолитных зданий сформированы для всех параметров, которые составляют влияющие факторы (Таблица 3.7) [130; 133]. В процессе обучения искусственной нейронной сети рекомендации могут быть скорректированы либо дополнены учителем на базе новых прецедентов.

Методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий включает в себя семь этапов (Рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Этапы реализации методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий

1. Анализ планируемых к применению ОТР при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. В зависимости от этапа строительства оператор собирает исходные данные до начала расчета с целью определения их комплектности, полноты, достоверности и применимости. Полный

перечень исходной документации представлен в разделе 3.2. диссертационного исследования.

2. Запуск и адаптация параметрической модели на базе ИНС. Оператору необходимо произвести настройку параметрической системы для более точного расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений. Необходимо определить этап строительства: проектно-изыскательские работы или строительно-монтажные работы. Расчет возможно производить до начала проектно-изыскательских работ при наличии теоретических данных, также возможно рассчитать значение комплексного показателя качества ОТР после завершения СМР для формирования статистических данных и применить их в виде обучающей выборки для обучения ИНС.

3. Присвоение значений параметрам системы. Параметрическая модель подразумевает участие оператора на начальной стадии работы для присвоения значений параметров системы. Информация из исходных данных трансформируется в определенное значение от 0 до 1 в поле «значение входного сигнала  $x$ » каждого нейрона  $J$ . Производится проверка синаптических весов, после чего запускается автоматизированный процесс расчета.

4. Расчет комплексного показателя качества ОТР. Итерации производятся в автоматическом режиме с применением искусственной нейронной сети. После прохождения сигналов всех слоев ИНС формируются показатели факторов, преобразуемые в комплексный показатель качества организационно-технических решений.

5. Анализ результатов расчета комплексного показателя качества ОТР. Полученное значение находится в диапазоне от 0 до 31,2, при этом параметрическая модель формирует качественную интерпретацию числового значения с вариантами «удовлетворительно» либо «неудовлетворительно». При удовлетворительном значении оператор формирует отчет о проведенном расчете и делает заключение об эффективности принятых ОТР. При этом имеется возможность провести повышение единичных показателей факторов за счет применения рекомендаций (при необходимости). В случае неудовлетворительного

результата оператор формирует отчет с перечнем индивидуальных рекомендаций для каждого параметра системы.

6. Корректировка организационно-технических решений на базе рекомендаций при неудовлетворительном значении комплексного показателя качества ОТР. На стадии проектно-изыскательских работ возможно применение рекомендаций, перечисленных в Приложении В.

7. Завершение расчета при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

Таким образом, методика определения комплексного показателя качества организационно-технических решений содержит 7 этапов и имеет вариативность в зависимости от полученного значения (удовлетворительного либо неудовлетворительного) [16].

### **3.5. Выводы по главе 3**

По результатам исследования произведена оценка оптимизационных мероприятий производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений для конкретно взятого объекта строительства.

1. Рассмотрен принцип работы искусственной нейронной сети применительно к задачам исследования. Установлено функциональное назначение и количество нейронов. Сформирована структура искусственной нейронной сети, описана архитектура системы, приведено описание слоев нейронов.

2. Представлены теоретические и практические основы обучения искусственной нейронной сети с учителем. Произведена адаптация ИНС для решения задач исследования, сформированы последовательность обучения и основные аспекты обучения. Сформирована обучающая выборка на базе 30 изученных объектов капитального строительства. Изучены принципы перекрестной проверки параметрической модели в целом, а также принципы проверки значений каждого влияющего фактора системы. Сконфигурирована

параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

3. Разработан алгоритм расчета комплексного показателя качества ОТР при помощи параметрической модели с ИНС. Сформированы этапы проведения расчета, установлен перечень необходимых исходных данных, описаны принципы адаптации, заполнения и корректировки данных для расчета.

4. Определены граничные и нормальное значения комплексного показателя качества организационно-технических решений на базе исследуемых объектов строительства. Диапазон значений комплексного показателя качества ОТР ограничен числами 0 и 31,2. Нормальное значение составляет 22,8. С помощью вербально-числовой шкалы Харрингтона значения подразделены на «удовлетворительно» (в диапазоне от 0 до 22,8) и «неудовлетворительно» (в диапазоне от 22,8 включительно до 31,2).

5. Выведена зависимость срока возведения конструктивных элементов монолитных зданий от комплексного показателя качества организационно-технических решений. Сформирован график зависимости. Сокращение сроков возведения конструктивных элементов зданий происходит по принципу обратно пропорциональной зависимости с увеличением значения комплексного показателя качества организационно-технических решений.

6. Разработана методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Сформирован перечень рекомендаций для приведения неудовлетворительного комплексного показателя качества организационно-технических решений к удовлетворительному значению. Описаны этапы реализации методики.

## **ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ**

В главе рассматриваются показатели объекта капитального строительства, на котором производится внедрение разработанной в диссертационном исследовании методики. Производится расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений до и после внедрения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания. Производится анализ неудовлетворительных факторов. Формируются выводы по результатам расчета комплексного показателя качества и внедрения методики.

При сопровождении объекта капитального строительства автором произведен сбор и анализ исходно-разрешительной документации, результатов инженерных изысканий, проектной и рабочей документации, перечня заключений, данных со строительной площадки. Расчет комплексного показателя качества ОТР выполнялся при помощи параметрической модели с ИНС. Внедрение методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов осуществлялось на стадии строительного-монтажных работ при строительной готовности 20 %. Значения параметрической модели формировались на базе имеющейся информации о документации и участниках строительства.

Рассматривается экономический эффект от внедрения методики оптимизации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на базе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

### **4.1. Описание объекта капитального строительства**

Внедрение результатов диссертационного исследования в виде алгоритма расчета комплексного показателя качества ОТР и методики оптимизации

организации возведения конструктивных элементов произведено на объекте строительства: многофункциональный жилой комплекс (Рисунок 4.1), г. Москва, Ореховый бульвар, 24, корпус 2. Общая площадь здания составляет 125 609,8 м<sup>2</sup>, строительный объем 487 522,2 м<sup>3</sup>, количество этажей 30 + 1 подземный, площадь застройки составляет 4139,8 м<sup>2</sup>, высота здания 99,95 м, сейсмостойкость 5 и менее баллов, назначение объекта жилое, стоимость строительства 12 742 654 720,00 руб., стоимость возведения конструктивных элементов 3 822 796 416,00 руб.



Рисунок 4.1 – Общий вид здания, расположенного по адресу: г. Москва, Ореховый бульвар, 24, корпус 2

Материал наружных стен и каркаса здания представляет собой монолитный железобетонный каркас и стены из мелкоштучных каменных материалов (кирпич, керамические камни, блоки). Перекрытия здания выполнены из монолитного

железобетона. Фасад навесной, вентилируемый, с отделкой гранитной плиткой (Рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Вид на главный фасад здания (объект внедрения)

Дата начала строительства – 09.02.2018. Проектная дата окончания строительства – 01.09.2021. Дата передачи завершеного строительством объекта участникам долевого строительства – 31.03.2022 г. Проектная продолжительность возведения конструктивных элементов здания составляет 22 месяца (660 дней).

Сопровождение объекта капитального строительства автором диссертационного исследования велось на этапах получения исходно-разрешительной документации, проведения инженерно-изыскательских работ,

разработки проектной документации, разработки рабочей документации, при проведении строительно-монтажных работ, формировании исполнительной документации и при получении заключения о соответствии построенного объекта капитального строительства требованиям проектной документации.

#### **4.2. Определение комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитного многоэтажного здания**

Перед началом расчета комплексного показателя качества ОТР автором диссертационного исследования были проанализированы исходные документы и принятые организационно-технических решений. Первый запуск параметрической модели сопровождался выбором этапа строительного производства – строительно-монтажные работы, а также присвоением значений параметрам модели (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Значения параметров модели

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
Проектно-изыскательские работы		
1	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1
2	Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ	1
3	Наличие научно-технического сопровождения инженерно-геологических изысканий	0
4	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1
5	Наличие научно-технического сопровождения инженерно-геодезических изысканий	0
6	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1

Продолжение Таблицы 4.1

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
7	Наличие научно-технического сопровождения инженерно-экологических изысканий	0
8	Применение технологий BIM	0
9	Отсутствие субподрядных проектных организаций	0
10	Средний стаж сотрудников проектной группы более 5 лет	1
11	Наличие научно-технического сопровождения при разработке проектной документации	0
12	Наличие научно-технического сопровождения при разработке рабочей документации	0
13	Детализация и индивидуализация рабочей документации	1
14	Соответствие рабочей документации требованиям утвержденной проектной документации	1
<b>Строительно-монтажные работы</b>		
15	Постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке	0
16	Оснащенность высокотехнологичными приборами и оборудованием	1
17	Своевременный входной контроль качества строительных материалов, изделий и оборудования	1
18	Своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций	0
19	Своевременный приемочный контроль выполненных работ	0
20	Ведение авторского надзора разработчиком проектной документации	1
21	Постоянное присутствие сотрудников авторского надзора в зоне ведения работ	0
22	Наличие в штате технического заказчика инженера по охране труда и технике безопасности	1
23	Наличие в штате технического заказчика инженера-технолога	0
24	Наличие в штате технического заказчика инженера ПТО	0

Продолжение Таблицы 4.1

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
25	Наличие в штате технического заказчика инженера по несущим строительным конструкциям	1
26	Высокая степень коммуникации и управления производственными процессами	0
27	Наличие службы научно-технического сопровождения строительства	0
28	Наличие внутренней службы контроля качества	1
29	Процент выполнения работ, исходя из общего объема, составляет более 50 % (50 % субподряда)	1
30	Наличие современной высокопроизводительной техники для подъема и перемещения грузов	1
31	Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации	0
32	Стаж работы не менее 5 лет в области деятельности	1
33	Высшее образование в области деятельности	1
34	Повышение квалификации специалистов в области деятельности	0
35	Разряд инженеров-бетонщиков не ниже 3-го	1
36	Разряд инженеров-арматурщиков не ниже 3-го	1
37	Наличие мобильных унифицированных опалубочных систем	1
38	Применение индивидуального проекта подбора опалубочных систем	1
39	Пакетирование и предварительная комплектация мелкоштучных элементов	0
40	Своевременное обеспечение мероприятий по уходу за бетоном	1
41	Наличие технологических карт, адаптированных к объекту строительства	1
42	Детализация и индивидуализация рабочей документации	1
43	Комплектность исполнительной документации	0

Продолжение Таблицы 4.1

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
44	Соответствие требованиям оформления исполнительной документации	1
45	Своевременность оформления исполнительной документации	0
46	Наличие электронного вида исполнительной документации	0
47	Размещение бытового городка соответствует утвержденной проектной документации	1
48	Отсутствие перебоев снабжения (электричество, вода, тепло и др.)	0
49	Строительство не ведется в зоне действия высоких температур	1
50	Строительство не ведется в зоне действия низких температур	0
51	Строительство не ведется в зоне активных сейсмических процессов	1
52	Поставляемые материалы, изделия и оборудование соответствуют утвержденной проектной документации	1
53	Отсутствуют значительные дефекты и брак	1
54	Здание не относится к уникальным	1
55	Стесненные условия существующей городской застройки отсутствуют	1

Таким образом, значения входного сигнала  $x$  заданы посредством заданных значений параметров  $g$ . Была произведена проверка синаптических весов факторов, ошибок не выявлено, что позволило произвести автоматический расчет постсинаптического сигнала каждого нейрона и получить значение комплексного показателя качества 19,4 (Таблица 4.2), что является неудовлетворительным. Следовательно, необходимо применение рекомендаций по оптимизации организации возведения конструктивных элементов здания. Принятие ОТР не обеспечивают оптимальный уровень организации производственного процесса.

Таблица 4.2 – Фрагмент параметрической модели с расчетом комплексного показателя качества ОТР

Наименование фактора	Параметры фактора	Значение входного сигнала (x)	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес (W)	Постсинаптический потенциал (V)	Функция активации ( $\phi$ )	Выходной сигнал (y)
Качество инженерно-геологических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1	2	0,4	0,8	1	0,8
	Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ	1					
	Наличие научно-технического сопровождения	0					
Качество инженерно-геодезических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1	1	0,3	0,3	1	0,3
	Наличие научно-технического сопровождения	0					
...	...	...	...	...	...	...	...
Иное	Здание не относится к уникальным	1	2	0,2	0,4	1	0,4
	Стесненные условия существующей городской застройки отсутствуют	1					
<b>Комплексный показатель качества ОТР:</b>						<b>19,4 неудовлетворительно</b>	

Произведен анализ неудовлетворительных факторов с наибольшими синаптическими весами. Такими факторами стали:

- качество ведения строительного контроля,
- качество службы технического заказчика,
- уровень автоматизации и механизации производства,
- качество инженерно-бытовой подготовки производства.

При анализе сложившейся ситуации было выявлено следующее. При увеличении объемов монолитных работ численность сотрудников служб строительного контроля и технического заказчика оставалась прежней, что не позволяло охватывать фронт работ. В связи с выявленным отклонением строительный контроль проводился менее чем на 5 % строительных конструкций, при этом с отставанием от графика. Специалисты службы технического заказчика несвоевременно производили приемку завершенных участков здания и конструкций, подписание актов освидетельствования скрытых работ производилось несвоевременно с задержками до двух недель. Отсутствие регламента взаимодействия между службами не позволяло структурно выполнять контрольные мероприятия. Отсутствие современных высокопроизводительных средств малой механизации не позволяло сохранять необходимый темп работ, что повлекло за собой увеличение сроков. Инженерно-бытовая подготовка производства не позволяла обеспечивать строительную площадку электроэнергией и водой для бытовых и технических нужд из-за отсутствия резервных источников.

Выявленные недостатки и отклонения привели к значительному снижению темпов производства работ и поставили под угрозу своевременный ввод здания в эксплуатацию. На момент первого расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений увеличение сроков возведения конструктивных элементов здания составляло 50 %, или 11 месяцев (330 дней).

По итогам первого расчета комплексного показателя качества ОТР на стадии проведения строительного-монтажных работ сделаны выводы о необходимости оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания за счет оптимизации организационно-технических решений по

направлениям строительного контроля, службы технического заказчика, автоматизации и механизации производства, инженерно-бытовой подготовки.

### **4.3. Внедрение методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания**

В соответствии с разработанной методикой был произведен расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений, получен неудовлетворительный результат, в связи с чем необходима оптимизация организации производственных процессов [1]. Для корректировки значений влияющих факторов за счет повышения значений параметров были применены рекомендации по оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий (Приложение Б) [45]. Оптимизации подлежали следующие параметры модели:

- постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке,
- своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций,
- своевременный приемочный контроль выполненных работ,
- наличие в штате технического заказчика инженера-технолога,
- наличие в штате технического заказчика инженера ПТО,
- высокая степень коммуникации и управления производственными процессами,
- наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации,
- отсутствие перебоев снабжения (электричество, вода, тепло и др.).

По выданным рекомендациям численность службы строительного контроля была увеличена до 14 человек с ежедневным присутствием (включая выходные и праздничные дни) минимум 5 специалистов на объекте строительства. Обновлена приборная база для проведения лабораторных испытаний. Сформированы и

утверждены к исполнению графики проведения контрольных мероприятий с привязкой к графику производства работ.

Состав службы технического заказчика увеличен до 15 человек с возможностью одновременного нахождения на объекте строительства 9 человек в ежедневном формате (включая выходные и праздничные дни). Штат службы дополнен инженером-технологом и инженером ПТО. Для повышения уровня коммуникации и управления процессами были внедрены программные комплексы Microsoft Project, Vitro-CAD, Constru, Система 1С: Недостатки, что позволило устранить отклонения от графиков контрольных мероприятий, повысить коммуникацию между подразделениями и централизовать управленческие процессы. ИТР обеспечены современными высокопроизводительными средствами малой механизации. Строительная площадка снабжена дизель-генераторами в большом количестве, созданы механизмы автономного снабжения электроэнергией и водой на случай возникновения аварийных ситуаций. Такой ряд организационно-технических решений, направленных на оптимизацию возведения конструктивных элементов здания в части неудовлетворительных факторов и параметров модели, позволил предположить, что при повторном расчете комплексного показателя качества ОТР значение может достигать удовлетворительного уровня.

Для проведения второго расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений были актуализированы значения неудовлетворительных параметров в системе (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Сравнение значений параметров при первом и втором расчете комплексного показателя качества ОТР

№ п/п	Наименование параметра	Было	Стало
1	Постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке	0	1
2	Своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций	0	1
3	Своевременный приемочный контроль выполненных работ	0	1
4	Наличие в штате технического заказчика инженера-технолога	0	1

Продолжение Таблицы 4.3

№ п/п	Наименование параметра	Было	Стало
5	Наличие в штате технического заказчика инженера ПТО	0	1
6	Высокая степень коммуникации и управления производственными процессами	0	1
7	Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации	0	1
8	Отсутствие перебоев снабжения (электричеством, водой, теплом и др.).	0	1

При этом следует отметить, что ряд факторов с невысокими синептическими весами не оптимизировался ввиду небольшой значимости внутри параметрической системы. При возникновении необходимости оптимизацию возможно производить по всем без исключения параметрам и факторам модели.

После реализации скорректированных организационно-технических решений был произведен второй расчет комплексного показателя качества ОТР. Срок внедрения рекомендательных мероприятий составил 2 месяца (60 дней). По итогу второго расчета получены следующие результаты (Таблица 4.4).

По результатам второго расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений после внедрения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов здания получено удовлетворительное значение, что позволяет сделать вывод об оптимальности применяемых ОТР. При значении комплексного показателя качества организационно-технических решений 24,9 срок возведения конструктивных элементов здания сократился на 4 % (27 дней) относительно нормативного срока, утвержденного проектом организации строительства. В соответствии с алгоритмом расчет комплексного показателя качества завершен, методика внедрена, ОТР не требуют дальнейшей оптимизации, процесс завершен.

Таблица 4.4 – Фрагмент параметрической модели при втором расчете комплексного показателя качества ОТР

Наименование фактора	Параметры фактора	Значение входного сигнала (x)	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес (W)	Постсинаптический потенциал (V)	Функция активации ( $\phi$ )	Выходной сигнал (y)
Качество инженерно-геологических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1	2	0,4	0,8	1	0,8
	Фактически выполненные работы соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ	1					
	Наличие научно-технического сопровождения	0					
Качество инженерно-геодезических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1	1	0,3	0,3	1	0,3
	Наличие научно-технического сопровождения	0					
Качество инженерно-экологических изысканий	Программа работ утверждена генеральным проектировщиком	1	1	0,2	0,2	1	0,2
	Наличие научно-технического сопровождения	0					
Качество проектной документации	Применение технологий BIM	0	1	0,6	0,6	1	0,6
	Отсутствие субподрядных проектных организаций	0					
	Средний стаж сотрудников проектной группы более 5 лет	1					
	Наличие научно-технического сопровождения разработки проектной документации	0					



Продолжение Таблицы 4.4

Наименование фактора	Параметры фактора	Значение входного сигнала ( $x$ )	Сумматор ( $\Sigma$ )	Синаптический вес ( $W$ )	Постсинаптический потенциал ( $V$ )	Функция активации ( $\varphi$ )	Выходной сигнал ( $y$ )
Природно-климатические факторы	Строительство не ведется в зоне действия высоких температур	1	2	0,7	1,4	1	1,4
	Строительство не ведется в зоне действия низких температур	0					
	Строительство не ведется в зоне активных сейсмических процессов	1					
Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	Поставляемые материалы, элементы и оборудование соответствуют утвержденной проектной документации	1	2	0,9	1,8	1	1,8
	Отсутствуют значительные дефекты и брак	1					
Иное	Здание не относится к уникальным	1	2	0,2	0,4	1	0,4
	Стесненные условия существующей городской застройки отсутствуют	1					
<b>Комплексный показатель качества ОТР:</b>						<b>24,9 удовлетворительно</b>	

#### **4.4. Оценка экономической эффективности применения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий**

Важной составляющей частью реализации проекта является экономическая эффективность. Выявленная зависимость комплексного показателя качества ОТР от сроков производства работ по возведению конструктивных элементов монолитных зданий позволяет вывести зависимость и по экономическому признаку (стоимости возведения конструктивных элементов здания). Таким образом, стоимость возведения конструктивных элементов на объекте внедрения в нормативном значении составляла 3 822 796 416,00 рублей при нормативном сроке возведения 660 дней. То есть стоимость выполнения работ в 1 день составляет:

$$\frac{3\,822\,796\,416,00}{660,00} = 5\,792\,115,78 \text{ руб./день.}$$

Фактическая стоимость возведения конструктивных элементов здания до внедрения разработанной методики составляла:

$$5\,792\,115,78 \times (660 + 330) = 5\,734\,194\,622,20 \text{ руб.,}$$

где 660 дней – нормативный срок возведения;

330 дней – число дней, на которое увеличивается срок возведения.

В общей сложности увеличение стоимости возведения конструктивных элементов здания составляло 1 911 398 206,2 рублей. После внедрения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов здания срок возведения сократился до значения 633 дня. Стоимость работ по возведению конструктивных элементов здания сократилась:

$$5\,792\,115,78 \times 633 = 3\,666\,409\,288,74 \text{ руб.,}$$

что меньше нормативной стоимости (в соответствии со сметой на возведение конструктивных элементов здания) на 156 387 127,26 рублей. Анализ результатов оценки экономической эффективности применения методики оптимизации

организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий представлен в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Результаты оценки экономической эффективности применения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий

	Значение комплексного показателя качества ОТР	Срок возведения конструктивных элементов здания, дни	Стоимость возведения конструктивных элементов здания, руб.
<b>До</b> внедрения методики	19,4 (неудовлетворительно)	660	3 822 796 416,00
<b>После</b> внедрения методики	24,9 (удовлетворительно)	633	3 666 409 288,74
<b>Эффект</b> от оптимизации	+ 5,5	– 27	– 4 %

В итоге сокращение сроков возведения конструктивных элементов здания составило 27 дней, сокращение стоимости работ составило 156 387 127,26 рублей.

#### 4.5. Выводы по главе 4

В результате внедрения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на базе комплексного показателя качества организационно-технических решений выявлена эффективность методики. Расчет комплексного показателя качества ОТР на объекте внедрения выполнен в соответствии с разработанной в диссертационном исследовании алгоритмом, внедрение методики выполнено после получения неудовлетворительного значения комплексного показателя качества организационно-технических решений, далее повторно рассчитано значение комплексного показателя качества организационно-технических решений.

1. Произведен расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений на объекте внедрения (многофункциональный жилой комплекс) с учетом фактических значений параметров модели. В результате проведенного расчета получено неудовлетворительное значение, что свидетельствует о неоптимальных организационно-технических решений на объекте внедрения.

2. Внедрена методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитного здания. Доказана возможность применения методики на объектах капитального строительства при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

3. Произведен повторный расчет комплексного показателя качества организационно-технических решений на объекте внедрения после внедрения методики и реализации оптимизированных организационно-технических решений при помощи повышения значений параметров модели. Получено удовлетворительное значение, подтверждающее оптимизацию организационно-технических решений на основании рекомендаций, разработанных в рамках диссертационного исследования.

Произведена оценка экономической эффективности применения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Определен экономический эффект от внедрения методики: сокращение сроков возведения конструктивных элементов здания составило 27 дней, сокращение стоимости работ составило 156 387 127,26 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования в рамках поставленных задач позволяют сделать следующие выводы и предложения.

1. Выявлено отсутствие системного механизма оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества. Существующие методы и способы оптимизации организации возведения конструктивных элементов не обладают комплексным подходом и учитывают только локальные факторы на определенном этапе строительства. Разрозненное применение таких мероприятий не приводит к оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Проведенные исследования показали важность комплексного подхода при формировании эффективных организационно-технических решений для организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий, а также необходимость их корректировки при выявлении недостаточного значения комплексного показателя качества.

2. По результатам натурных наблюдений установлены 19 влияющих факторов, детерминированных на 55 параметров, оказывающих влияние на организацию возведения конструктивных элементов монолитных зданий. При помощи метода экспертных оценок установлены степени значимости факторов системы (синаптические веса). Отмечена необходимость учета всех основных влияющих факторов модели для достижения объективной характеристики эффективности организационного процесса.

3. Для определения эффективности применяемых организационно-технических решений сформирован алгоритм расчета и предложена авторская параметрическая модель на базе искусственной нейронной сети для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений, учитывающая влияющие факторы и параметры на всех этапах строительства. Произведена настройка параметрической системы, установлены граничные и нормальные значения комплексного показателя качества организационно-

технических решений. Установлена зависимость между сроком возведения конструктивных элементов монолитных зданий и комплексным показателем качества ОТР.

4. Разработана методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений, содержащая 7 шагов реализации. Системный подход к влияющим факторам и их детерминация позволили учесть влияние на организацию процесса на трех уровнях: состояние параметров – характеристика ресурсов и окружающей среды; состояние факторов – характеристика организационных структур; комплексный показатель качества – комплексная характеристика эффективности организации процесса. Предложенные рекомендации для повышения эффективности организационно-технических решений позволяют привести как единичные показатели факторов, так и комплексный показатель качества в целом к нормальному значению.

5. По результатам апробации результатов диссертационного исследования на объекте «многофункциональный жилой комплекс» достигнуто сокращение сроков возведения конструктивных элементов монолитного здания на 27 дней относительно нормативного, снижение стоимости работ составило 156 387 127,26 руб., или 4 % относительно сметной стоимости. Эффект от применения разработанной методики заключается в сокращении сроков возведения конструктивных элементов, что благоприятно отражается на экономике строительства объектов.

### **Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы**

Возможным направлением развития исследования является расширение области применения. Адаптация методики оптимизации организации процессов и обучение искусственной нейронной сети позволяют охватить обширный спектр зданий и сооружений по их назначению, а также применить методику к организации различных строительных процессов.

Актуальной задачей развития направления остается расширение обучающих примеров для искусственной нейронной сети в виде статистических данных с объектов, заверенных строительством.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамцевич, А. О. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства с учетом факторов внешней среды : автореферат дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 / Адамцевич Алексей Олегович. – Москва : МГСУ, 2013. – 18 с. – Текст : непосредственный.
2. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции / Г. Г. Азгальдов, А. В. Гличев, З. Н. Крапивенский, Ю. П. Кураченко, В. П. Панов, М. В. Фёдоров, Д. М. Шпекторов // Стандарты и качество. – 1968. – № 1. – С. 34–35.
3. Антонов, А. В. Системный анализ : учебник / А. В. Антонов. – Москва : Высшая школа, 2004. – 357 с.
4. Аристер, Н. И. Процедура подготовки и защиты диссертаций / Н. И. Аристер, Н. И. Загузов. – Москва : АОЗТ «Икар», 1955. – 200 с.
5. Афанасьев, А. А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона / А. А. Афанасьев. – Москва : Стройиздат, 1990. – 380 с.
6. Афанасьев, В. А. Системотехника строительства : энциклопедический словарь / Российская акад. наук, Международная акад. информатизации, Российская инж. акад. ; В. А. Афанасьев [и др.] ; под ред. А. А. Гусакова. – Москва : Фонд «Новое тысячелетие», 1999. – 432 с.
7. Ахназарова, С. Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии : учебно-методическое пособие / С. Л. Ахназарова, сост. Л. С. Гордеев. – Москва : РХТУ, 2003. – 76 с.
8. Ашеро́в, А. Т. Подготовка, экспертиза и защита диссертаций : учебное пособие / А. Т. Ашеро́в. – Харьков : Издательство УИПА, 202. – 152 с.
9. Бережный, А. Ю. Зависимость комплексного показателя экологической нагрузки от организационно-технологических решений при оценке воздействия строительства на окружающую среду : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 / Бережный Александр Юрьевич. – Москва : МГСУ, 2012. – 129 с. – Текст : непосредственный.

10. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Москва : Статистика, 1980. – 263 с.
11. Бешелев, С. Д. Экспертные оценки / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Москва : Наука, 1973. – 163 с.
12. Богомолов, Ю. М. Применение экспертных систем в строительстве / Ю. М. Богомолов. – Минск, 1990.
13. Бунт, А. М. Опалубочный профиль как фактор повышения эксплуатационных характеристик крупнощитовых опалубочных элементов / А. М. Бунт, А. А. Гончаров // Технологии бетонов. – 2016. – № 11-12 (124-125). – С. 26–28.
14. Волков, А. А. Гомеостат в строительстве: системный подход к методологии управления / А. А. Волков // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 6. – С. 64.
15. Волков, Н. Н. Математические методы в экспериментальных исследованиях. Планирование и статистический анализ многофакторных экспериментов : конспект лекций / Н. Н. Волков. – Москва : Издательство МПИ, 1990. – 176 с.
16. Волков, А. А. Методология проектирования функциональных систем управления зданиями и сооружениями : Гомеостат строительных объектов : дис. ... докт. тех. наук : 05.13.01 / Волков Андрей Анатольевич. – Москва, 2003. – 350 с. – Текст : непосредственный.
17. Волков, А. А. Системотехника численных представлений качественных параметров среды жизнедеятельности: рекурсивное погружение на уровни детализации объекта / А. А. Волков, Н. Н. Воднев // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 7. – С. 29–32.
18. Волков, А. А. Функционирование системоквантов строительных процессов и возведения объектов / А. А. Волков, В. М. Лебедев // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 262–265.
19. Гинзбург, А. В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности функционирования строительных организаций :

дис. ... докт. тех. наук : 05.13.12 / Гинзбург Александр Витальевич ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный университет». – Москва, 1999. – 390 с. – Текст : непосредственный.

20. Гинзбург, А. В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта / А. В. Гинзбург // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 61–65.

21. Гинзбург, А. В. Организационно-технологическая надежность строительных систем / Вестник МГСУ. – 2010. – Т. 1, № 4. – С. 251–255.

22. Гинзбург, А. В. Организационно-технологическая надежность строительства. Системотехника / Под ред. А. А. Гусакова. – Москва : Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – 768 с.

23. Гинзбург, А. В. Системный подход при создании комплексных автоматизированных систем управления и проектирования в строительстве / А. В. Гинзбург, Я. А. Лобырева, Д. А. Семернин // Научное обозрение. – 2016. – № 16. – С. 461–464.

24. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / В. Е. Гмурман. – Москва : Юрайт, 2010. – 479 с.

25. Говоруха, П. А. Описание многофакторного эксперимента для показателя эффективности организационно-технологических решений возведения ограждающих конструкций / П. А. Говоруха // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 3 (81) – С. 85–88.

26. Говоруха, П. А. Формирование факторов, характеризующих организационно-технологический потенциал устройства ограждающих конструкций / П. А. Говоруха, А. А. Лapidус // Научное обозрение. – 2015. – № 14. – С. 389–393.

27. Гончаров, А. А. Совершенствование технологических процессов в монолитном домостроении / А. А. Гончаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 12. – С. 106–110.

28. Гусаков, А. А. Архитектурно-строительное проектирование. Методология и автоматизация / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1986. – 436 с.

29. Гусаков, А. А. Методы формирования строительных систем : учебное пособие / А. А. Гусаков, Е. С. Корытова, И. Б. Муханов, А. Е. Щеголь. – Москва : МИСИ, 1988. – 47 с.
30. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1974. – 252 с.
31. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительства / А. А. Гусаков, А. В. Гинзбург, С. А. Веремеенко, Ю. Б. Монфред, Б. В. Прыкин, С. М. Яровенко. – Москва : SVR-Аргус, 1994. – 472 с.
32. Гусаков, А. А. Системотехника / Науч. ред. и сост. А. А. Гусаков. – Москва : Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – 537 с.
33. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1993. – 368 с.
34. Гусаков, А. А. Системотехника строительства : энциклопедический словарь / А. А. Гусаков, Ю. М. Богомолов, А. И. Брехман, Г. А. Ваганян ; Под ред. А. А. Гусакова. – Москва : Издательство АСВ, 2004. – 432 с.
35. Гусакова, Е. А. Системотехника организационно-технологических циклов объектов строительства : дис. ... докт. тех. наук : 05.23.05 / Гусакова Елена Александровна. – Москва : МГСУ, 2004. – 370 с. – Текст : непосредственный.
36. Гусакова, Е. А. Системотехника проектов девелопмента недвижимости: актуальные подходы и модели / Е. А. Гусакова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-2 (80-2). – С. 869–873.
37. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства / Л. Г. Дикман. – Москва, 2006. – 682 с.
38. Емельянов, С. В. Информационные технологии и системный анализ / С. В. Емельянов. – Москва : УРПС, 2004. – 354 с.
39. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством : учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 134 с.
40. Ефимов, М. В. Планирование эксперимента. Теория автоматического управления : учебное пособие / М. В. Ефимов. – Москва : МГУП, 2006. – 87 с.

41. Ефимова, М. Р. Общая теория статистики : учебник / М. Р. Ефимова, Е. В. Петрова, В. Н. Румянцев. – Москва : ИНФРА-М, 1996. – 416 с.
42. 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.
43. Жаров, Я. В. Принятие организационно-технологических решений в строительстве на основе технологии многомерного моделирования : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 / Жаров Ярослав Владимирович. – Москва, 2014. – 143 с. – Текст : непосредственный.
44. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лapidус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34.
45. Зеленцов, Л. Б. Управление временными параметрами в сложных динамических строительных системах / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Маилян, И. Г. Трипута // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 1 (48). – С. 32.
46. Зеленцов, Л. Б. Система управления процессами проектирования в строительстве на основе информационной технологии / Л. Б. Зеленцов, И. Г. Трипута, А. А. Востров, Н. Г. Акопян // Науковедение. – 2016. – № 6 (37). – С. 27.
47. Зеленцов, Л. Б. Оптимизационные модели системы менеджмента качества в строительстве / Л. Б. Зеленцов, А. Л. Зеленцов, К. Н. Островский // Научное обозрение. – 2013. – № 11. – С. 221–224.
48. Зеленцов, Л. Б. Методы решения задач организационно-технологического планирования строительного производства : дис. ... канд. тех. наук : 08.00.05 / Зеленцов Леонид Борисович. – Минск, 1980. – 170 с. – Текст : непосредственный.
49. Иозайтис, В. С. Экономико-математическое моделирование производственных систем / В. С. Иозайтис, Ю. А. Львов. – Москва : Высшая школа, 1992. – 192 с.

50. Кантор, В. Е. Производственный потенциал предприятия: Формирование и управление : дис. ... докт. экон. наук : 08.00.05 / Кантор Владимир Евгеньевич. – Санкт-Петербург : 2002. – 167 с. – Текст : непосредственный.
51. Каширцев, М. С. Разработка параметрической модели для организации научно-технического сопровождения при строительстве / М. С. Каширцев, Д. В. Топчий // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 87–92.
52. Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ : учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.
53. Коробов, Н. С. Автоматизация арматурных работ в монолитном домостроении : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.06 / Коробов Николай Сергеевич. – Нижний Новгород, 2006. – 219 с. – Текст : непосредственный.
54. Коровяков, В. Ф. Роль научно-технического сопровождения строительства в повышении качества монолитного строительства / В. Ф. Коровяков // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 5. – С. 34–36.
55. Коротков, С. И. Развитие методов оценки эффективности использования производственного потенциала строительных организаций : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Коротков Станислав Игоревич ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный университет». – Москва, 2006. – 157 с. – Текст : непосредственный.
56. Красновский, Б. М. Промышленное и гражданское строительство в задачах с решениями / Б. М. Красновский. – Издание 3-е, доп. – Москва : Издательство АСВ, 2018. – 1520 с.
57. Кузнецов, С. М. Оценка надежности организационно-технологических решений в строительстве / С. М. Кузнецов, И. А. Маслов, А. Д. Суворов, С. Н. Ячменьков // Транспортное строительство. – 2007. – № 1. – С. 26–27.
58. Кузьмина, Т. К. Моделирование деятельности технического заказчика на этапе технического надзора / Т. К. Кузьмина, А. М. Славин // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 4. – С. 62–66.

59. Куликов, Ю. А. Оценка качества решений в управлении строительством / Ю. А. Куликов. – Москва : Стройиздат, 1990. – 144 с.
60. Лapidус, А. А. Актуальные проблемы организационно-технологического проектирования / А. А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3 (4). – С. 1.
61. 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 (3) – С. 1.
62. Лapidус, А. А. Искусственные нейронные сети как математический аппарат для расчета комплексного показателя качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий / А. А. Лapidус, В. А. Муря // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 7 (97). – С. 28–34.
63. Лapidус, А. А. Исследование интегрального показателя качества, учитывающего влияние организационно-технологических решений при формировании строительной площадки / А. А. Лapidус, Л. П. Демидов // Технология и организация строительного производства. – Москва, 2013. – № 2 (3). – С. 44–46.
64. Лapidус, А. А. Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий / А. А. Лapidус, В. А. Муря // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 3–9.
65. Лapidус, А. А. Нечеткая модель организации строительного процесса / А. А. Лapidус, А. Н. Макаров // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 59–68.
66. Лapidус, А. А. Организационное проектирование и управление крупномасштабными инвестиционными проектами / А. А. Лapidус. – Москва : Вокруг света, 1997. – С. 34–36.

67. Лapidус, А. А. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков / А. А. Лapidус, А. О. Фельдман // Вестник МГСУ. – 2015. – № 11. – С. 193–201.
68. Лapidус, А. А. Потенциал реализации крупномасштабного строительного проекта / А. А. Лapidус // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 4 (63). – С. 38–41.
69. Лapidус, А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – Москва, 2014. – № 1. – С. 175–180.
70. Лapidус, А. А. Проблемы внедрения инновационных решений в технологии и организации строительства / А. А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 4 (5). – С. 1.
71. Лapidус, А. А. Системотехнические основы автоматизации проектирования организационных структур крупномасштабного строительства // дис. ... докт. техн. наук : 05.13.12 / Лapidус Азарий Абрамович. – Москва, 1997. – 40 с. – Текст непосредственный.
72. Лapidус, А. А. Теория нечетких множеств на этапах моделирования организации строительных процессов возведения многоэтажных зданий / А. А. Лapidус, А. Н. Макаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 6. – С. 66–71.
73. Лapidус, А.А. Управление качеством строительного объекта посредством оптимизации производственно-технологических модулей / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2013. – № 1. – С. 175–180.
74. Лapidус, А. А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // Вестник МГСУ. – 2016. – № 12. – С. 114–121.
75. Лapidус, А. А. Формирование потенциала организационно-технологических решений использования методов бетонирования в условиях отрицательных температур / А. А. Лapidус, А. О. Хубаев // Наука и бизнес. Пути развития. – 2017. – № 11 (77). – С. 7–11.

76. Лapidус, А. А., Топчий, Д. В., Муря, В. А. Параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, рег. № RU 2021619403 от 28.04.2021. – Москва : Роспатент, 2021.

77. Лукманова, И. Г. Основные направления развития систем менеджмента качества в строительстве : монография // И. Г. Лукманова [и др.] ; рец.: А. Н. Ларионов, Р. К. Горшков. – Москва : МГСУ, 2012. – 151 с.

78. Лысенко, С. С. Разработка организационно-технологических решений обустройства строительных площадок с учетом региональной специфики : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.08 / Лысенко Сергей Сергеевич. – Москва : Центр. науч.-исслед. и проект.-эксперим. ин-т организации, механизации и тех. помощи стр-ву, 2004. – 144 с. – Текст : непосредственный.

79. Мазур, И. И. Управление проектами : учебное пособие для вузов / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге ; под общ. ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро. – 8-е изд., стер. – Москва: ОМЕГА-Л, 2012. – 959 с.

80. Макаров, А. Н. Искусственная нейронная сеть для организации и управления строительным процессом / А. Н. Макаров // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 4. – С. 117–122.

81. Молодин, В. В. Организационно-техническое проектирование строительства жилых объектов : учебное пособие / В. В. Молодин, С. В. Волков. – Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин) : Новосибирск, 2015. – 216 с.

82. Молодин, В. В. Технология возведения зданий и сооружений / В. В. Молодин, Б. С. Мосаков, В. Л. Курбатов. – Новосибирск, 2013. – 374 с.

83. Музыченко, С. Г. Прогноз рисков проявлений негативных факторов как цель проведения научно-технического сопровождения строительства / С. Г. Музыченко, А. А. Лapidус, Д. В. Топчий // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 12 (114). – С. 62–66.

84. Муря, В. А. Влияние комплексного показателя качества организационно-технологических решений на конструктивные элементы многоэтажных железобетонных зданий / В. А. Муря, А. А. Лapidус // Перспективы науки. – 2018. – № 9 (108). – С. 27–30.

85. Муря, В. А. Комплексный процесс возведения монолитных высотных зданий и сооружений башенного типа из железобетона на основе скользящей опалубки / В. А. Муря // Строительное производство. – 2021. – № 2. – С. 64–69.

86. Нанасов, А. М. Разработка метода оценки организационно-технологического потенциала реализации инвестиционно-строительных проектов : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 / Нанасов Антон Михайлович ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный университет». – Москва, 2005. – 178 с. – Текст : непосредственный.

87. Новиков, А. М. Методология / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – Москва: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.

88. Нормак, Э. В. Определение производственного потенциала строительной организации / Э. В. Нормак // Экономика строительства. – 1989. – № 12. – С. 43–63.

89. Олейник, П. П. Методы организации строительства и производства строительного монтажа работ : учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство / П. П. Олейник, Р. Р. Казарян, Н. И. Бушуев. – Москва : МГСУ, 2020. – 60 с.

90. Олейник, П. П. Основные требования к составу и содержанию проекта производства работ / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3. – С. 35–38.

91. Олейник, П. П. Организация строительного производства : монография / П. П. Олейник. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 576 с.

92. Олейник, П. П. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию : учебное пособие / П. П. Олейник, Б. Ф. Ширшиков. – Москва : Издательство МИСИ–МГСУ, 2013. – 64 с.

93. Павлов, А. С. Использование ресурсов в строительных организациях : учебное пособие для вузов / А. С. Павлов ; МГСУ. – Москва : Архитектура-С, 2009. – 97 с.
94. Плеханов, А. Г. Маркетинговая стратегия развития потенциала строительной организации / А. Г. Плеханов // Маркетинг. – 2009. – № 3. – С. 58–73.
95. Полонский, В. М. Определение новизны результатов научно-педагогических исследований / В. М. Полонский // Проблемы современного образования. – 2011. – № 2. – С. 61–70.
96. Пресняков, Н. И. Проблемные области ВОС / Н. И. Пресняков, И. И. Гамер // Научно-технический сборник «Метод системного анализа и автоматизированного проектирования инвестиционных и организационно-технологических процессов в строительстве». – Москва : МГСУ, 2001. – 48 с.
97. Прыкин, Б. В. Анализ рационального использования потенциала строительной фирмы методом главных компонент / Б. В. Прыкин, В. А. Ким // Актуальные проблемы развития инвестиционно строительной сферы России : Сборник научных трудов. – Москва : МГСУ, 2001, – С. 26–32.
98. Сайдаев, Х. Л. Организационно-управленческое моделирование комплексной оценки результативности строительных компаний : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 / Сайдаев Хасан Лом-Алиевич ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный университет». – Москва, 2012. – 129 с. – Текст : непосредственный.
99. Сайдаев, Х. Л. Система менеджмента качества как необходимый инструмент развития строительной отрасли / Х. Л. Сайдаев // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. – Москва. – 2012. – № 6. – С. 37–38.
100. Синенко, С. А. Информационная технология проектирования организации строительного производства / С. А. Синенко. – Москва : ИТЦ «Корвет-90», 1992. – 258 с.

101. Скакалов, В. А. Разработка организационно-технологической модели осуществления строительного контроля при возведении многоэтажных жилых зданий / В. А. Скакалов // Научное обозрение. – 2017. – № 3. – С. 47–51.

102. Степанов, А. Е. Анализ возможности сокращения сроков возведения монолитных конструкций / А. Е. Степанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 6. – С. 89–93.

103. Степанов, А. Е. Выявление групп параметров для формирования коэффициента совмещения строительных потоков при возведении монолитных конструкций / А. Е. Степанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 4. – С. 70–72.

104. Тамразян, А. Г. Методические основы подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) по строительным наукам : учебное пособие / А. Г. Тамразян ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Москва : Издательство МИСИ–МГСУ, 2019. – 232 с.

105. Теличенко, В. И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В. И. Теличенко, А. А. Лapidус, А. А. Морозенко. – Москва : Издательство АСВ, 2008. – 144 с.

106. Теличенко, В. И. Пути развития инженерного потенциала на примере строительной отрасли / В. И. Теличенко // Вестник Высшей школы. – 2011. – № 8. – С. 7–12.

107. Теличенко, В. И. Управление качеством строительной продукции: Техническое регулирование безопасности и качества в строительстве : учебное пособие для студентов вузов / В. И. Теличенко. – Москва : Издательство АСВ, 2003. – 86 с.

108. Топчий, Д. В. Анализ и реализация производственных процессов при строительстве объектов изменяемого назначения : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.22 / Топчий Дмитрий Владимирович ; МГСУ. – Москва, 2021. – 375 с. – Текст непосредственный.

109. Топчий, В. Д. Бетонные и железобетонные работы : Справочник строителя / В. Д. Топчий. – Москва : Стройиздат, 1987. – 320 с.

110. Топчий, Д. В. Организационно-технологическое моделирование строительного монтажа работ при комплексной оценке результативности перепрофилирования промышленных объектов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.22 / Топчий Дмитрий Владимирович ; МГСУ. – Москва, 2015. – 119 с. – Текст непосредственный.

111. Топчий, Д. В. Разработка организационно-технологической модели осуществления строительного контроля при возведении многоэтажных жилых зданий // В. Д. Топчий, В. А. Скакалов. – Научное обозрение, – 2017, – № 11. – С. 97–100.

112. Фёдоров, В. С. Строительные конструкции : учебник / В. С. Фёдоров, Я. И. Швидко, В. Е. Левитский. – Москва : КНОРУС, 2018. – 332 с.

113. Федосов, С. В. Оценка характеристик температурного поля при тепловой обработке массивных железобетонных изделий с помощью поверхностного электропрогрева / С. В. Федосов, А. М. Соколов, Ю. А. Минаков, С. Н. Анисимов, В. А. Поляков // Вестник поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 3. – С. 111–116.

114. Фельдман, А. О. Оптимизация организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков / А. О. Фельдман // Технология и организация строительного производства. – 2015. – № 4-1. – С. 52–53.

115. Фёдоров, В. С. Строительные конструкции : учебник / В. С. Фёдоров, Я. И. Швидко, В. Е. Левитский. – Москва : КНОРУС, 2018. – 332 с.

116. Чулков, В. О. Переустройство: организационно-антропотехническая надежность строительства : монография / В. О. Чулков [и др.] ; под ред. В. О. Чулкова. – Москва : СвР-Аргус, 2005. – 300 с.

117. Шаланов, Н. В. Системный анализ. Кибернетика. Синергетика: математические методы и модели. Экономические аспекты : монография / Н. В. Шаланов. – Новосибирск : Издательство НГТУ, 2003. – 305 с.
118. Шашков, В. Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия : учебное пособие / В. Б. Шашков. – Оренбург : ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 363 с.
119. Югов, А. М. Выбор рационального организационно-технологического процесса возведения многоэтажных каркасно-монолитных зданий на основе комплексной заливки этажа / А. М. Югов, О. Г. Лифанов, А. С. Карпенко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – № 3 (131). – С. 82–87.
120. Anthony, M. Neural network learning: Theoretical foundations / M. Anthony, P. L. Bartlett. – Cambridge : Cambridge university press, 1999. – 389 p.
121. Ashby, W. R. Principles of the self-organizing system / W. R. Ashby // Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium. – 1962. – P. 255–278.
122. Bofang, Z. Construction of Mass Concrete in Winter / Z. Bofang // Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete. – 2014. – P. 425–430.
123. Chahal, K. S. Quality control and quality assurance in building design and construction / K. S. Chahal, P. Emerson // Architectural engineering division. – India, 2007. – Vol. 88, № 29. – P. 16–20.
124. Froese, T. M. The impact of emerging information technology on project management for construction / T. M. Froese // Automation in Construction. – 2010. – Vol. 19, № 5. – P. 531–538.
125. Ginzburg, A. Sustainable Building Life Cycle Design / A. Ginzburg // MATEC Web of Conferences : 15th International Conference on Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology, TPACEE-2016 ; Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering. – Tyumen, 2016. – Vol. 73. – P. 02018.

126. Graham, P. *Building Ecology – First Principles for a Sustainable Built Environment* / P. Graham. – Great Britain : Blackwell Science, 2003. – P. 76.
127. Haykin, S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation* / S. Haykin. – 2nd Edition. – Singapore : Pearson Prentice-Hall, 1999. – 823 p.
128. Hosoz, M. Performance prediction of a cooling tower using artificial neural network / M. Hosoz, H. M. Ertunc, H. Bulgurcu // *Energy Conversion and Management*. – 2007. – Vol. 48, № 4. – P. 1349–1359.
129. Kazaryan, R. *Aspects in Managing the Life Cycle of Construction Projects* / R. Kazaryan // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – Moscow : Moscow State University of Civil Engineering, 2021. – P. 768–776.
130. Kazaryan, R. Energy Systems Modeling and Assessment of the Efficiency of Quality Management Systems in High-Rise Construction / R. Kazaryan, D. Pogodin, N. Galaeva, A. Mirzakhanova // *Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, EMMFT-2019, Voronezh, 10–13 декабря 2019 года ; Moscow State University of Civil Engineering*. – Voronezh : IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012042.
131. Karami, A. Radial basis function neural network for power system load-flow // *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. – 2008. – Vol. 30, № 1. – P. 60–66.
132. Kumar, R. Energy analysis of a building using artificial neural network: A review / R. Kumar, R. K. Aggarwal, J. D. Sharma // *Energy and Buildings*. – 2013. – Vol. 65. – P. 352–358.
133. Lapidus, A. Integral potential effectiveness of organizational and technological and managerial decisions of building object / A. Lapidus // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 584–586. – P. 2230–2232.
134. Lapidus, A. A. Organizational and technologic potential of setting of enclosing structures for residential buildings / A. A. Lapidus, P. A. Govorukha // *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2015. – Vol. 10. – № 20. – P. 40946–40949.

135. Lapidus, A. Toward the Formation of Parameters Influencing the Quality of Low-Rise Residential Buildings / A. Lapidus, Y. Ndayiragije, A. Stepanov // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum on Sustainable Development of Industrial Region, UESF-2021. Chelyabinsk, 17–19.02.2021. – 2021. – Vol. 258 (1). – № 9045.
136. Lapidus, A. The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev. – DOI 10.1051/mateconf/201711700094 // MATEC web of conferences – 2017. – V. 117. – № 00094.
137. Lounis, Z. A multiobjective and stochastic system for building maintenance management / Z. Lounis, D. J. Vanier // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2000. – Vol. 15, № 5. – P. 320–329.
138. Stone, M. Asymptotics for and against cross-validation / M. Stone // Biometrika. – 1977. – Vol. 64. – P. 29–35.
139. Taffese, W. Z. Neural network based hygrothermal prediction for deterioration risk analysis of surface-protected concrete facade element / W. Z. Taffese, E. Sistonen // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 113. – P. 34–48.
140. Tibshirani, R. J. A bias correction for the minimum error rate in cross-validation / R. J. Tibshirani, R. Tibshirani // The Annals of Applied Statistics. – 2009. – Vol. 3. – P. 822–829.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Бланки экспертного опроса

##### Опрос № 1. Формирование перечня факторов

###### Бланк интервью № 1.1

с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы. **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

###### Вопросы интервью

###### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

- а) От 5 до 10 лет.
- б) От 10 до 20 лет.
- в) Более 20 лет.

**3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительного-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

- а) Да, факторов достаточно.
- б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	<u>Качество нормативно-технической базы</u>
2	
3	
4	
5	
На этапе строительного-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 1.2**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительного-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

**Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### Вопросы интервью

#### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### 2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### 3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительно-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства

13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительно-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 1.3**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

### **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### **Вопросы интервью**

#### **1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### **2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### **3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий

2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительного-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительного-монтажных работ	
5	

6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 1.4

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

#### Вопросы интервью

**1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительного-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительного-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 1.5**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительного-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

**Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительного-монтажных

работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### Вопросы интервью

#### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### 2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### 3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительно-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора

9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительно-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 1.6**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

**Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

**Вопросы интервью****1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительно-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	

2	
3	
4	
5	
На этапе строительного-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 1.7

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-  
изыскательских и строительного-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительного-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительного-монтажных работ.

### Вопросы интервью

#### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### 2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### 3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий
2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительного-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем

15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительно-монтажных работ	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 1.8**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

### **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### **Вопросы интервью**

#### **1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### **2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### **3. Считаете ли Вы перечисленные факторы достаточными для комплексной оценки качества конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий?**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	Качество инженерно-геологических изысканий

2	Качество инженерно-геодезических изысканий
3	Качество инженерно-экологических изысканий
4	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
5	Качество проектной документации
6	Качество рабочей документации
На этапе строительного-монтажных работ	
7	Качество ведения строительного контроля
8	Качество ведения авторского надзора
9	Качество службы технического заказчика
10	Качество научно-технического сопровождения строительства
11	Качество генподрядной организации
12	Уровень автоматизации и механизации производства
13	Квалификация бригад ИТР
14	Качество опалубочных систем
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций
16	Качество исполнительной документации
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства
18	Природно-климатические факторы
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования

а) Да, факторов достаточно.

б) Нет, факторов недостаточно.

**4. Если факторов недостаточно, впишите в форму ниже свои варианты.**

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
1	
2	
3	
4	
5	
На этапе строительного-монтажных работ	
5	

6	
7	
8	
9	
10	

Спасибо Вам за уделенное внимание!

## Опрос № 2. Назначение синаптических весов факторов

### Бланк интервью № 2.1

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

#### Вопросы интервью

**1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

№ п/п	Наименование фактора	Вес фактора
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,4</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,6</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,8</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>

17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,1</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 2.2

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

#### Вопросы интервью

**1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

№ п/п	Наименование фактора	Вес фактора
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,3</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,4</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,6</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,8</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,8</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,6</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>

18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,3</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 2.3

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

#### Вопросы интервью

##### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

№ п/п	Наименование фактора	Вес фактора
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,4</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,6</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,8</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,6</u>

19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,2</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 2.4

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительного-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительного-монтажных работ.

#### Вопросы интервью

##### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование фактора</b>	<b>Вес фактора</b>
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,4</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,7</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительного-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,7</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,7</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,1</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### **Бланк интервью № 2.5**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

#### **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

#### **Вопросы интервью**

##### **1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

**2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование фактора</b>	<b>Вес фактора</b>
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,3</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,1</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,5</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,9</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,8</u>
	Иное	<u>0,2</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

## Бланк интервью № 2.6

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительного-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

### Вводная часть

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительного-монтажных работ.

### Вопросы интервью

#### 1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### 2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

**3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование фактора</b>	<b>Вес фактора</b>
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,4</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,6</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,8</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,6</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,2</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

**Бланк интервью № 2.7**

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

### **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### **Вопросы интервью**

#### **1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### **2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### **3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование фактора</b>	<b>Вес фактора</b>
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u><b>0,4</b></u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u><b>0,3</b></u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u><b>0,2</b></u>
4	Качество проектной документации	<u><b>0,6</b></u>
5	Качество рабочей документации	<u><b>0,8</b></u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u><b>0,9</b></u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u><b>0,3</b></u>
9	Качество службы технического заказчика	<u><b>0,5</b></u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u><b>0,2</b></u>
11	Качество генподрядной организации	<u><b>0,5</b></u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u><b>0,7</b></u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u><b>0,8</b></u>
14	Качество опалубочных систем	<u><b>0,8</b></u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u><b>0,7</b></u>
16	Качество исполнительной документации	<u><b>0,1</b></u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u><b>0,6</b></u>
18	Природно-климатические факторы	<u><b>0,7</b></u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u><b>0,8</b></u>
	Иное	<u><b>0,2</b></u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

### Бланк интервью № 2.8

**с руководителями предприятий, фирм и организаций, экспертами в области проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, научными сотрудниками**

Добрый день!

Автор диссертационного исследования просит Вас выступить в качестве эксперта.

Целью интервью является Ваша оценка достаточности и корректности факторов, оказывающих влияние на качество конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий на двух этапах: проектно-изыскательские работы; строительно-монтажные работы.

Внимательно прочитайте вопрос, выберите подходящий вариант ответа, обведите код-букву возле варианта ответа или напишите свой вариант ответа. Вариантов ответа может быть несколько. Пожалуйста, не пропускайте вопросы.

### **Вводная часть**

В интервью рассматривается вопрос комплексного показателя качества организационно-технических решений (ОТР) в процессе проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на возведение конструктивных элементов монолитных зданий. Под **комплексным показателем качества ОТР** понимается степень соответствия всех локальных факторов требуемым характеристикам, обеспечивающим работоспособное состояние и надежную, безопасную эксплуатацию конструктивных элементов монолитных зданий.

Под **факторами** понимается группа параметров, характеризующих основополагающие аспекты, которые оказывают влияние на техническое состояние конструктивных элементов монолитных зданий.

При этом все факторы подразделены на две группы: 1 – факторы на этапе проектно-изыскательских работ; 2 – факторы на этапе строительно-монтажных работ.

### **Вопросы интервью**

#### **1. Состоите ли вы в Национальном реестре НОСТРОЙ/НОПРИЗ?**

а) Да, я состою в Национальном реестре НОСТРОЙ.

б) Да, я состою в Национальном реестре НОПРИЗ.

в) Нет, я не состою в Национальных реестрах специалистов.

#### **2. Сколько лет составляет Ваш стаж работы в области проектирования, возведения зданий и сооружений?**

а) От 5 до 10 лет.

б) От 10 до 20 лет.

в) Более 20 лет.

#### **3. Присвойте факторам веса от 0,1 до 0,9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий.**

Ознакомьтесь, пожалуйста, с факторами и впишите в форму ниже веса каждого фактора (значения могут повторяться):

№ п/п	Наименование фактора	Вес фактора
На этапе проектно-изыскательских работ		
1	Качество инженерно-геологических изысканий	<u>0,4</u>
2	Качество инженерно-геодезических изысканий	<u>0,3</u>
3	Качество инженерно-экологических изысканий	<u>0,2</u>
4	Качество проектной документации	<u>0,6</u>
5	Качество рабочей документации	<u>0,8</u>
На этапе строительно-монтажных работ		
7	Качество ведения строительного контроля	<u>0,9</u>
8	Качество ведения авторского надзора	<u>0,2</u>
9	Качество службы технического заказчика	<u>0,5</u>
10	Качество научно-технического сопровождения строительства	<u>0,1</u>
11	Качество генподрядной организации	<u>0,5</u>
12	Уровень автоматизации и механизации производства	<u>0,7</u>
13	Квалификация бригад ИТР	<u>0,8</u>
14	Качество опалубочных систем	<u>0,8</u>
15	Качество организационно-технологической схемы возведения монолитных конструкций	<u>0,7</u>
16	Качество исполнительной документации	<u>0,1</u>
17	Качество инженерно-бытовой подготовки производства	<u>0,7</u>
18	Природно-климатические факторы	<u>0,7</u>
19	Качество поставляемых материалов, изделий и оборудования	<u>0,9</u>
	Иное	<u>0,2</u>

Спасибо Вам за уделенное внимание!

## Приложение Б

## Перечень возможных значений комплексного показателя качества ОТР

№ п/п	Возможное значение комплексного показателя качества ОТР	Проектный срок возведения конструктивных элементов, дней	Фактический срок возведения конструктивных элементов здания, дней	Отклонение фактического срока возведения от проектного, %
1	31,2	90	82,8	-24,00 %
2	31,1	90	83,1	-23,00 %
3	30,9	90	83,4	-22,00 %
4	30,7	90	83,7	-21,00 %
5	30,6	90	84	-20,00 %
6	30,5	90	84,3	-19,00 %
7	30,4	90	84,6	-18,00 %
8	30,3	90	84,9	-17,00 %
9	30,1	90	85,2	-16,00 %
10	29,9	90	85,5	-15,00 %
11	29,7	90	85,8	-14,00 %
12	29,5	90	86,1	-13,00 %
13	29,2	90	86,4	-12,00 %
14	28,9	90	86,7	-11,00 %
15	28,4	90	87	-10,00 %
16	27,9	90	87,3	-9,00 %
17	27,3	90	87,6	-8,00 %
18	26,7	90	87,9	-7,00 %
19	26,0	90	88,2	-6,00 %
20	25,3	90	88,5	-5,00 %
21	24,9	90	88,8	-4,00 %
22	24,5	90	89,1	-3,00 %
23	24,1	90	89,4	-2,00 %
24	23,3	90	89,7	-1,00 %
25	<b>22,8</b>	90	<b>90</b>	<b>0,00 %</b>

26	22,5	90	93	10,00 %
27	21,6	90	96	20,00 %
28	20,7	90	99	30,00 %
29	20,0	90	102	40,00 %
30	19,3	90	105	50,00 %
31	18,6	90	108	60,00 %
32	18,0	90	111	70,00 %
33	17,4	90	114	80,00 %
34	16,8	90	117	90,00 %
35	16,2	90	120	100,00 %
36	15,4	90	123	110,00 %
37	14,6	90	126	120,00 %
38	13,8	90	129	130,00 %
39	13,3	90	132	140,00 %
40	12,8	90	135	150,00 %
41	12,3	90	138	160,00 %
42	11,8	90	141	170,00 %
43	11,3	90	144	180,00 %
44	10,6	90	147	190,00 %
45	9,9	90	150	200,00 %
46	9,2	90	153	210,00 %
47	8,5	90	156	220,00 %
48	7,7	90	159	230,00 %
49	6,9	90	162	240,00 %
50	6,1	90	165	250,00 %
51	5,3	90	168	260,00 %
52	4,5	90	171	270,00 %
53	3,6	90	174	280,00 %
54	2,7	90	177	290,00 %
55	1,8	90	180	300,00 %
56	0,9	90	183	310,00 %

57	0	90	186	320,00 %
----	---	----	-----	----------

## **Приложение В**

### **Рекомендации для корректировки ОТР**

Рекомендации для корректировки ОТР на стадии проектно-изыскательских работ:

1. Программа работ не утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-геологических изысканий) – произвести повторное рассмотрение программы инженерно-геологических изысканий генеральным проектировщиком, утвердить в работу.

2. Фактически выполненные работы не соответствуют требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ – произвести корректировку программы инженерно-геологических изысканий, привести в соответствие требованиям СП 446.1325800.2019 и утвержденной программе работ.

3. Отсутствие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-геологических изысканий) – при наличии нормативного требования о наличии НТСП или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСП и произвести сопровождение.

4. Программа работ не утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-геодезических изысканий) – произвести повторное рассмотрение программы инженерно-геодезических изысканий генеральным проектировщиком, утвердить в работу.

5. Наличие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-геодезических изысканий) – при наличии нормативного требования о наличии НТСП или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСП и произвести сопровождение.

6. Программа работ не утверждена генеральным проектировщиком (на стадии инженерно-экологических изысканий) – произвести повторное рассмотрение программы инженерно-геодезических изысканий генеральным проектировщиком, утвердить в работу.

7. Наличие научно-технического сопровождения (на стадии инженерно-экологических изысканий) – при наличии нормативного требования о наличии НТСП или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСП и произвести сопровождение.

8. Отсутствует применение технологий BIM (ТИМ) (на стадии разработки проектной документации) – произвести моделирование объекта строительства при помощи технологий информационного моделирования (BIM).

9. Присутствие большого числа субподрядных проектных организаций – увеличить контроль за исполнением работ субподрядными организациями. Повысить уровень коммуникации между субподрядными структурами под управлением генподрядной компании. При возможности реорганизовать структуру, уменьшить количество субподрядчиков путем замены на более крупные проектные институты.

10. Средний стаж сотрудников проектной группы менее 5 лет – произвести замену кадрового состава проектировщиков на специалистов со стажем более 5 лет.

11. Отсутствие научно-технического сопровождения (на стадии разработки проектной документации) – при наличии нормативного требования о наличии НТСП или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСП и произвести сопровождение.

12. Отсутствие научно-технического сопровождения (на стадии разработки рабочей документации) – при наличии нормативного требования о наличии НТСП или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСП и произвести сопровождение.

13. Детализация и индивидуализация рабочей документации не обеспечены – произвести корректировку рабочей документации, применить проектные решения с учетом индивидуальных особенностей объекта строительства.

14. Рабочая документация не соответствует требованиям утвержденной проектной документации – произвести корректировку рабочей документации для полного соответствия проектным решениям. При отсутствии возможности

корректировки рабочей документации произвести корректировку проектной документации с повторным прохождением экспертизы (при необходимости).

Рекомендации для корректировки ОТР на стадии строительного-монтажных работ:

1. Постоянное присутствие строительного контроля на строительной площадке не обеспечено – произвести изменение графика присутствия строительного контроля на строительной площадке для обеспечения постоянного присутствия.

2. Оснащенность службы строительного контроля высокотехнологичными приборами и оборудованием отсутствует – обеспечить сотрудников строительного контроля высокотехнологичными приборами и оборудованием.

3. Не обеспечен своевременный входной контроль качества строительных материалов, изделий и оборудования – произвести синхронизацию графика проведения входного контроля качества с графиком поставки строительных материалов, изделий и оборудования. Ужесточить контроль за исполнением графиков.

4. Не обеспечен своевременный операционный контроль качества отдельных строительных процессов или производственных операций – произвести синхронизацию графика проведения операционного контроля качества с графиком производства работ. Ужесточить контроль за исполнением графиков.

5. Не обеспечен своевременный приемочный контроль выполненных работ – произвести синхронизацию графика проведения приемочного контроля выполненных работ с графиком производства работ. Ужесточить контроль за исполнением графиков.

6. Авторский надзор ведется сторонней проектной организацией (не автором проекта) – произвести замену службы авторского надзора на автора проекта. При невозможности – организовать детальное изучение разработанной проектной документации специалистами службы авторского надзора.

7. Не обеспечено постоянное присутствие сотрудников авторского надзора в зоне ведения работ – произвести изменение графика присутствия авторского надзора на строительной площадке для обеспечения постоянного присутствия.

8. Отсутствие в штате технического заказчика инженера по охране труда и технике безопасности – дополнить штат технического заказчика инженером по охране труда.

9. Отсутствие в штате технического заказчика инженера-технолога – дополнить штат технического заказчика инженером-технологом.

10. Отсутствие в штате технического заказчика инженера ПТО – дополнить штат технического заказчика инженером ПТО.

11. Отсутствие в штате технического заказчика инженера по несущим строительным конструкциям – дополнить штат технического заказчика инженером по несущим строительным конструкциям.

12. Низкая степень коммуникации и управления производственными процессами – внедрить механизмы повышения коммуникации службы технического заказчика. Разработать и внедрить мероприятия по управлению производственными процессами.

13. Отсутствие службы научно-технического сопровождения (на стадии строительного-монтажных работ) – при наличии нормативного требования о наличии НТСС или самостоятельном решении застройщика включить в состав исполнителей службу НТСС и произвести сопровождение.

14. Отсутствие внутренней службы контроля качества, стандартов предприятий, внутренних регламентов – разработать стандарты предприятия, сформировать внутренние регламенты и внедрить в производственные процессы. Сформировать внутреннюю службу контроля качества либо привлечь специализированную организацию.

15. Процент выполнения работ, исходя их общего объема, составляет менее 50 % (более 50 % субподряда) – произвести реструктуризацию субподрядных организаций путем замены большого количества малых субподрядчиков на более крупные компании с сокращением их количества. При отсутствии возможности

повысить коммуникацию между субподрядными организациями силами генподрядной компании с ужесточением контрольных мероприятий.

16. Отсутствие современной высокопроизводительной техники для подъема и перемещения грузов – произвести замену применяемой техники на современную и высокопроизводительную, без отклонений от требований проектной и рабочей документации (с аналогичными или лучшими характеристиками).

17. Отсутствие современных высокопроизводительных средств малой механизации – произвести замену применяемых средств малой механизации на современные и высокопроизводительные, без отклонений от требований проектной и рабочей документации.

18. Стаж работы сотрудников генподрядчика менее 5 лет в области деятельности – произвести замену кадрового состава генподрядной организации на специалистов со стажем более 5 лет.

19. У сотрудников генерального подрядчика отсутствует высшее образование в области деятельности – произвести замену кадрового состава генерального подрядчика на специалистов с высшим профессиональным образованием в области деятельности.

20. Отсутствует повышение квалификации специалистов в области деятельности – произвести замену кадрового состава на специалистов, прошедших повышение квалификации, либо оперативно провести повышение квалификации назначенных специалистов.

21. Разряд инженеров-бетонщиков ниже 3-го – произвести замену кадрового состава бригад на инженеров-бетонщиков 3-го разряда и выше.

22. Разряд инженеров-арматурщиков ниже 3-го – произвести замену кадрового состава бригад на инженеров-арматурщиков 3-го разряда и выше.

23. Не обеспечено наличие мобильных унифицированных опалубочных систем – снабдить строительную площадку мобильными унифицированными опалубочными системами.

24. Применение универсального (стандартного) проекта подбора опалубочных систем – разработать индивидуальный проект подбора опалубочной системы на базе утвержденной проектной документации.

25. Пакетирование и предварительная комплектация мелкоштучных элементов не обеспечены – произвести корректировку процесса комплектации и обеспечения строительной площадки, производить пакетирование и контейнеризацию.

26. Несвоевременное обеспечение мероприятий по уходу за бетоном – произвести корректировку графиков ухода за бетоном, повысить контроль за исполнением мероприятий.

27. Отсутствие технологических карт, адаптированных к объекту строительства – разработать индивидуальные проекты производства работ с адаптацией к особенностям объекта строительства.

28. Детализация и индивидуализация рабочей документации не обеспечены – выполнить корректировку рабочей документации, учитывая особенности объекта строительства, без отклонений от требований утвержденной проектной документации.

29. Исполнительная документация (ИД) некомплектна – выполнить анализ состава исполнительной документации, выявить отсутствующие документы, произвести доработку и обеспечить комплектность.

30. Несоответствие ИД требованиям оформления – произвести корректировку ИД в соответствии с нормативными и методическими указаниями для приведения оформления к требуемому виду.

31. Не соблюдаются сроки формирования ИД – увеличить численность сотрудников ПТО. Ужесточить контроль за графиком формирования ИД.

32. Отсутствие электронного вида ИД – разработать электронные формы исполнительных документов, заполнить необходимыми данными. Выполнить сканирование заверенных документов, архивировать.

33. Размещение бытового городка не соответствует утвержденной проектной документации – изменить размещение бытового городка в строгом соответствии со

стройгенпланом и требованиями ПОС, при невозможности произвести корректировку проектной документации – с последующим прохождением экспертизы проектной документации (при необходимости).

34. Имеются перебои снабжения (электричеством, водой, теплом и др.) – произвести установку средств автономной выработки и резервирования энергии, применить способы аккумулирования воды, создать резерв оборудования, позволяющего автономно снабжать строительную площадку в случае аварий и перебоев.

35. Строительство ведется в зоне действия высоких температур – рекомендации учитываются на стадии проектирования мероприятий по производству монолитных работ.

36. Строительство ведется в зоне действия низких температур – рекомендации учитываются на стадии проектирования мероприятий по производству монолитных работ.

37. Строительство ведется в зоне активных сейсмических процессов – рекомендации учитываются на стадии проектирования мероприятий по производству работ.

38. Поставляемые материалы, изделия и оборудование не соответствуют утвержденной проектной документации – обеспечить тщательный входной контроль, при необходимости увеличить процент испытываемых образцов. Произвести замену материалов, изделий и оборудования.

39. Выявлены значительные дефекты и брак в конструктивных элементах – провести инженерно-техническое обследование для определения технического состояния конструкций, разработать документацию для проведения ремонтно-восстановительных работ. Выявить причины возникновения дефектов, повреждений и отклонений, предпринять меры по недопущению повторения ситуации.

40. Здание относится к уникальным – рекомендации учитываются на стадии проектирования мероприятий по производству работ с учетом уникальности.

41. Стесненные условия существующей городской застройки – рекомендации учитываются на стадии проектных работ.

Факторы с низким значением сигнала, содержащие параметры с неудовлетворительными показателями, необходимо рассмотреть более подробно. Оператор формирует перечень факторов и параметров, требующих корректировки на базе предоставленных рекомендаций. Далее идут реализация рекомендаций и корректировка ОТР, после чего следует повторно произвести расчет комплексного показателя качества ОТР при помощи параметрической модели. Заполнение значений параметров производится аналогично первичному запуску расчета, при необходимости актуализируется информация не только о факторах и параметрах с низкими значениями сигналов, но и обо всех влияющих факторах и параметрах системы. Далее процесс расчета комплексного показателя качества ОТР повторяет стандартный алгоритм расчета. В результате полученное значение комплексного показателя качества, в случае выполнения комплекса рекомендаций, достигает удовлетворительного значения. При недостаточном уровне реализации рекомендаций итерации по корректировке ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий необходимо повторять до получения удовлетворительного значения комплексного показателя качества.

Завершение расчета при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества ОТР. Удовлетворительным признается значение более 22,8, дальнейшее повышение комплексного показателя качества ОТР остается на усмотрение руководящего персонала, применяющего методику оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

## Приложение Г

### Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

RU

2021619403

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):

2021619403

Дата регистрации: 09.06.2021

Номер и дата поступления заявки:

2021616499 28.04.2021

Дата публикации: 09.06.2021

Авторы:

Лапидус Азарий Абрамович (RU),  
Топчий Дмитрий Владимирович (RU),  
Муря Вадим Александрович (RU)

Правообладатель:

Муря Вадим Александрович (RU)

Название программы для ЭВМ:

**Параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений**

**Реферат:**

Программа относится к системе автоматизированного анализа целесообразности применения мероприятий для оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений. Технический результат заключается в получении оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений для конкретно взятого объекта строительства. Тип ЭВМ: IBM PC - совместимый ПК. ОС: Windows XP/7/8/10.

## Приложение Д

### Акт о внедрении результатов диссертационного исследования



научно-технический центр

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
КОНТРОЛЬ**

ИНН/КПП 9701049836 /772301001

109651, г. Москва, улица Перерва, дом № 19,

строение № 1, этаж № 2, офис 44

телефон: (495) 162-64-41,

e-mail: [mail@nt.center](mailto:mail@nt.center)

**Акт о внедрении результатов диссертационного исследования Мурия Вадима Александровича на тему: «Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений» на соискание ученой степени кандидата технических наук.**

Внедрение результатов диссертационной работы Мурия Вадима Александровича было выполнено при строительстве объекта: «Многофункциональный жилой комплекс, г. Москва, Ореховый бульвар, 24 корпус 2».

Использование алгоритма расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений позволило оценить эффективность применяемых организационно-технических решений. Методика оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий показала свою работоспособность и целесообразность. В качестве полученного результата получено сокращение продолжительности возведения конструктивных элементов на объекте внедрения.

Генеральный директор



А.Ю. Кочетков