

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

На правах рукописи



Ермаков Иван Вячеславович

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К
ОРГАНИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КАЧЕСТВА НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ**

2.1.7. Технология и организация строительства

ДИССЕРТАЦИЯ

**на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Лapidус Азарий Абрамович

Москва – 2024

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Обзор методологии определения эффективности управленческих решений и технических процедур при контроле эксплуатационного качества устройства систем навесного фасада гражданских зданий	15
1.1. Организационно-технологические решения, повышающие эффективность организации инструментального контроля качества систем навесного фасада гражданских зданий	16
1.2. Особенности организационно-технологического проектирования системы контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий ..	23
1.3. Обзор методов инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий	25
1.4. Понятие системного подхода к организации инструментального контроля качества в строительстве	29
1.5. Искусственная нейронная сеть как математическая модель для обработки огромного массива данных	32
1.6. Нормативно-техническая база проведения инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. Постановка научной задачи	41
Выводы по Главе 1	44
Глава 2. Методологические основы системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий	46
2.1. Планирование эксперимента по выявлению факторов влияния	47
2.2. Метод системного анализа в строительстве	52
2.3. Формирование влияющих факторов и их параметров	54
2.4. Метод экспертных оценок	65

2.5. Математическая модель на основе искусственной нейронной сети для расчета влияния факторов на процесс организации инструментального контроля качества	71
Выводы по Главе 2.....	72
Глава 3. Построение параметрической модели расчета влияния факторов на процесс организации инструментального контроля	74
3.1. Данные для параметрической модели	74
3.2. Работа параметрической модели	85
3.3. Обучение искусственной нейронной сети	90
3.4. Проверка достоверности результатов	94
3.5. Интерпретация значений комплексного показателя качества	97
3.6. Алгоритм вычисления комплексного показателя качества	102
3.7. Разработка методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов	107
Выводы по Главе 3.....	109
Глава 4. Внедрение методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий	112
4.1. Описание объекта для внедрения методики	112
4.2. Первичный расчёт эффективности организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада	115
4.3. Формирование рекомендаций для повышения эффективности инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада	122
4.4. Повторный расчёт эффективности организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада	123
Выводы по Главе 4	127
Заключение	128
Список литературы	131

Приложение А Результаты анализа средств инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада	148
Приложение Б Анкета экспертной оценки.....	163
Приложение В Акт о внедрении	168

Введение

Актуальность темы исследования

За последний двадцатипятилетний период введено в эксплуатацию, отремонтировано и реконструировано значительное количество зданий с применением навесного фасада (НФ). Принятие Государственной программы Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности" повысило требования к теплозащите строительных конструкций, что в области теплозащиты фасадов дало существенный прирост объёмов применения НФ. В то же самое время пока у нас в стране нет действующей нормативной документации (типа ГОСТов, СНиПов или СП) для этой области строительства, начиная с разработки проектной документации и заканчивая производством работ и эксплуатацией навесных фасадов. Все проектные и строительно-монтажные работы по устройству систем навесных фасадов проводятся на основании Технических свидетельств (ТС) [124], [125] производителей НФ, Технических рекомендаций [126] (только для города Москвы) и СТО [127]. Этого, по мнению авторов, недостаточно, если иметь в виду необходимость массового распространения этой технологии и безопасной эксплуатации НФ. При этом вопросы безопасности важны не только для строительных компаний, осуществляющих контроль качества на всём протяжении строительно-монтажных работ по установке фасадных систем до момента ввода объекта в эксплуатацию, но и для собственников, и для организаций, обслуживающих здания с навесными фасадами, когда проводится оценка технического состояния фасадов с целью принятия решения о проведении текущего или капитального ремонта, в том числе демонтажа навесных систем. Все эти вопросы не могут быть решены без специализированного обследования зданий с навесными фасадами силами лицензированных организаций. Специалисты данных организаций должны руководствоваться не только техническими условиями, составленными производителями навесных систем, но и более объективными, независимыми регламентами, имеющими в основе своей

доказанную исследовательскую базу, чтобы иметь представление об особенностях технологии устройства навесных фасадов, знать их «слабые места», уметь прогнозировать появление дефектов при эксплуатации здания с НФ, тем самым осуществляя профилактические мероприятия для обеспечения безопасности и надёжности фасадных конструкций [128], [129].

На сегодняшний же момент в период эксплуатации объекта довольно часто проектная или исполнительная документация по НФ отсутствуют, что делает решение вышеперечисленных задач ещё более значимым. В сложившейся ситуации разработка научных основ организации работ по обследованию технического состояния СНФ, учитывающие специфику и принципы работы СНФ является насущной проблемой, а разработка системного подхода организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов, актуальной задачей. Эксплуатационное качество навесного фасада – качество навесного фасада, возникающее в период строительно-монтажных работ, когда смонтированные конструкции навесного фасада начинают функционировать как единая система навесного фасада в соответствии проектной документации и действующей нормативной базе. В период строительно-монтажных работ «Эксплуатационное качество навесного фасада» может определяться как на части строящегося объекта, так и на всём строящемся объекте при полном завершении фасадных работ. Разработанные в диссертационном исследовании положения системного подхода организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов также применимы и в период эксплуатации строения.

Степень разработанности темы исследования

Для целей исследования была проведена аналитическая работа по определению имеющейся базы контроля эксплуатационного качества строительной продукции в отечественных и зарубежных источниках [8, 108]. На сегодняшний день в строительной отрасли активно разрабатываются и внедряются интеллектуальные аналитические системы для контроля качества. Именно строительство наиболее нуждается в подобных системах, поскольку

сочетает в себе и сложные иерархические организационные структуры, и разнообразие технических решений. Тему организации и технологии производства в значительной степени развили известные в научных кругах авторы: А. А. Лapidус, П. П. Олейник, В.В. Молодин, В. И. Теличенко, Д. В. Топчий, С. А. Синенко, А. В. Гинзбург, Д. А. Казаков, Ю. Б. Монфред, Л. А. Опарина, В. Е. Румянцева, Б.М. Красновский, Н. И. Ильин, Б. В. Прыкин, С. В. Федосов, О. Б. Кондрашкин, Л. В. Киевский, Р.Р. Казарян.

Взаимодействие всех элементов влияет на конечное качество строительного объекта, поэтому важно рассматривать влияющие на качество параметры и факторы в комплексной совокупности. Однако во многих научных трудах и нормативной литературе часто отсутствует такой системный подход, основывающийся на комплексном показателе качества, а разные аспекты качества рассматриваются узко, а значит, в отрыве друг от друга.

Наравне с другими элементами строительной продукции, навесные фасады при строительстве и эксплуатации гражданских зданий также актуальны как объект исследования с целью оптимизации контроля качества работ, связанных с НФ [76,111]. При этом в результате анализа литературных источников не выявлено исследований в этой области, рассматривающих составляющие эффективной организационной модели контроля качества во взаимосвязи. К слову, в изученных материалах практически не встречается такое важное для системной организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов понятие, как «комплексный показатель качества организационно-технологических решений». Авторами также не обнаружен и алгоритм действий для повышения эффективности контроля качества НФ для ускорения сроков контрольных процедур. В связи с этим необходимо разработать методику системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий на основе комплексного показателя качества (КПК) организационно-технологических решений (ОТР).

Научно-техническая гипотеза заключается в следующем: возможно повысить эффективность организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских объектов, если будут определены параметры комплексного показателя качества организационно-технологических решений, направленных на сокращения сроков проведения инструментального контроля.

Определив зависимость продолжительности проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий от величины комплексного показателя качества применённых организационно-технологических решений можно повысить эффективность организации данного инструментального контроля в части сокращения сроков его проведения.

Объект исследования – системы навесного фасада гражданских объектов.

Предмет исследования – организация инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских объектов.

Цель исследования – разработка системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий.

Задачи исследования:

1. Анализ нормативной литературы и научных исследований на тему повышения эффективности организации контроля качества навесного фасада с целью анализа методов и организационно-технологических решений организации контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

2. Выявление, структуризация и определение степени значимости факторов, влияющих на организацию контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

3. Определение комплексного показателя качества организационно-технологических решений организации контроля эксплуатационного качества навесного фасада. Вычисление нормального значения комплексного показателя качества организационно-технологических решений организации

инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада, а также области его удовлетворительных и неудовлетворительных значений.

4. С помощью функционала искусственной нейронной сети (ИНС) формирование параметрической модели с целью исчисления величин комплексного показателя качества организационно-технологических решений организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада. Произвести оценку эффективности принятых организационно-технологических решений по параметрам комплексного показателя качества в части сокращения сроков.

5. Разработка методики системного подхода организационно-технологических решений на основании значений параметров комплексного показателя качества.

6. Реализация полученных результатов на конкретном строящемся здании гражданского назначения.

Научная новизна

1. Систематизированы факторы, воздействующие на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий.

2. Сформулировано понятие «комплексного показателя качества организационно-технологических решений инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий», характеризующее эффективность используемых организационно-технологических решений.

3. Разработана параметрическая модель вычисления значений комплексного показателя качества организационно-технологических решений инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий с использованием искусственной нейронной сети.

4. Выявлена зависимость величины комплексного показателя качества организационно-технологических решений инструментального контроля

эксплуатационного качества навесного фасада от продолжительности проведения инструментального контроля.

5. Разработана методика системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада на основании комплексного показателя качества организационно-технологических решений, в части сокращения сроков проведения инструментального контроля.

Теоретическая значимость работы

1. Сформирован набор основных факторов, а также параметров данных факторов, которые эффективно воздействуют на проведение инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

2. Произведён расчёт синаптических весов факторов, оказывающих положительное воздействие в части оптимизации организационно-технологических решений инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

3. Определено нормальное значение комплексного показателя качества организационно-технологических решений инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада, а также области его удовлетворительных и неудовлетворительных значений.

4. Определена зависимость уровня комплексного показателя качества организационно-технологических решений процесса инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада от продолжительности данного процесса.

5. С использованием искусственной нейросети построены параметрическая модель и алгоритм вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

Практическая значимость работы

1. В ходе исследования были собраны и структурированы инструментальные методы и процедуры контроля эксплуатационного качества

навесных фасадов – современной, но относительно новой технологии отделки фасадов гражданских зданий.

2. Разработанная в рамках диссертационного исследования методика оптимизации инструментального контроля качества навесного фасада может быть востребована и распространена среди использующих данную технологию участников строительства и строительного контроля.

3. Разработанная методика может применяться в дальнейшем как на этапе проектирования и устройства навесного фасада на гражданских зданиях, так и в процессе эксплуатации и ремонта.

4. Построенная математическая модель в процессе использования будет со временем накапливать опыт и обучаться на сведениях о всё возрастающем количестве строительных объектов, а значит, совершенствоваться и уточняться.

5. Математическая модель может стать основой для контроля качества фасадов зданий с иной функциональной принадлежностью.

Методология и методы исследования

1. Метод планирования эксперимента был использован с целью нахождения факторов, оказывающих существенное воздействие на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

2. Метод системного анализа – применён для структуризации, найденных методом планирования эксперимента факторов.

3. Метод экспертных оценок:

3.1. Выделение влияющих факторов из структуры построенной методом системного анализа;

3.2. Присвоение степени значимости влияющим факторам.

4. Выбор математического аппарата для решения задачи: вычисление эффективного уровня организационно-технологических решений с помощью расчёта значений параметров факторов, существенно воздействующих на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада. Выбрана математическая модель на базе искусственной нейронной сети.

Положения, выносимые на защиту

1. Набор факторов, эффективно воздействующих на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов.
2. Параметрическая модель оценки эффективности применяемых организационно-технологических решений посредством определения значения параметров комплексного показателя качества в части сокращения сроков проведения инструментального контроля.
3. Последовательность расчёта комплексного показателя качества организации контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий.
4. Методика оптимизации организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада на основании комплексного показателя качества организационно-технологических решений в части сокращения сроков проведения инструментального контроля.

Степень достоверности исследования подтверждается высокой согласованностью мнений экспертов при определении факторов, детерминированных на параметры, а также статистической обучающей выборкой на основе фактических данных с завершённым строительством объектов для адаптации искусственной нейронной сети.

Апробация результатов диссертационного исследования выполнена в рамках двух международных научных конференций, в НИУ МГСУ на заседаниях кафедры «Технологии и организация строительного производства».

Практическая апробация результатов исследования произведена на объекте капитального строительства: учебный корпус «Красногорский колледж» по адресу: Московская область, г. Волоколамск, переулок Ново-Солдатский, д.3.

Соответствие паспорту специальности

Тема и содержание исследования отвечает требованиям соответствия научной специальности «2.1.7 Технология и организация строительства» (пункты 7 и 13):

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

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

Личный вклад автора

Автором диссертационного исследования проведена аналитическая работа по обзору научно-технической литературы заявленной темы, лично проведен метод экспертной оценки. Построена математическая модель оценки эффективности организационно-технологических решений с применением функционала искусственной нейронной сети и ее обучением на основе данных выборки. В результате работы составлен алгоритм вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий, а также методика оптимизации контроля качества. Полученные алгоритм и методика были апробированы и внедрены на практике при устройстве на объекте системы навесных фасадов с подтверждением достоверности достигнутых результатов. Были сделаны выводы по диссертационному исследованию, а также обозначены перспективы развития темы проведенной работы.

Публикации

Материалы диссертации достаточно полно изложены в 3 научных публикациях опубликованных в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (Перечень рецензируемых научных изданий).

Структура и объём работы

В структуру диссертационной работы входят введение, четыре главы с выводами, заключение с основными выводами по работе, список используемой литературы, три приложения. По объёму общее количество страниц диссертации составляет 168, с использованием 27 рисунков и 19 таблиц, 151 источников литературы, 3 приложения.

Глава 1

Обзор методологии определения эффективности управленческих решений и технических процедур при контроле эксплуатационного качества устройства систем навесного фасада гражданских зданий

Первая глава посвящена теоретическим аспектам организации инструментального контроля эксплуатационного качества гражданских зданий. В данной главе рассмотрено содержание научно-технической регламентной документации, в которой зафиксированы основы инструментального контроля качества. Кроме того, проанализированы организационно - технологические решения, используемые на проектном и строительном-монтажном этапах работ, а также принципы организации контроля качества этих представленных решений.

В главе также представлен обзор нормативно-технических и методических источников с фиксацией внимания на термины и понятия организационно-технологических решений, различных процедур и мероприятий контроля качества навесных фасадов, организации инструментального контроля качества [39; 85; 94], возведения ответственных конструкций зданий [118].

Рассмотрена поэтапная работа с проектной и рабочей документацией, а также её состав и содержание [95; 112; 115]. Показаны основные этапы инструментального контроля качества устройства навесных фасадов, проанализирована структура контрольных процедур [37; 57].

Представлены существующие на сегодняшний день способы организации инструментального контроля качества устройства навесных фасадов, определены недостатки представленных методов. Выявлено отсутствие методики, учитывающей факторы, которые воздействуют на разных этапах строительства как на сам процесс контроля, так и взаимно друг на друга. А также выявлено отсутствие полноценных комплексных предложений, нацеленных на повышение эффективности инструментального контроля качества навесных фасадов в части сокращения сроков его проведения.

1.1. Организационно-технологические решения, повышающие эффективность организации инструментального контроля качества систем навесного фасада гражданских зданий

Современные тенденции в возведении многоэтажных зданий гражданского назначения таковы, что в качестве основной облицовки их фасадов активно используют системы навесных фасадов. Статистика и отчёты строительных компаний и ведомств по всему миру подтверждают, что объём применения навесных фасадов растёт год от года. И в ближайшее время, по мнению специалистов, эта тенденция сохранится. Так, годовой объём применения навесных фасадов в России составляет около 24 млн м², из этого более 30 % применяется в жилищно-гражданском строительстве.

Выбор застройщиков в пользу навесных фасадов обусловлен несколькими факторами: во-первых, относительный комфорт монтажа отделки – «сухие» и «чистые» работы против «мокрых» и «грязных» методов облицовки; во-вторых, более высокая скорость отделочных работ; в-третьих, лёгкость используемых материалов; в-четвёртых, возможность всесезонного проведения работ без дополнительных затрат; в-пятых, экономическая выгода, вытекающая из предыдущих преимуществ; а в-шестых, художественно-эстетические возможности, позволяющие реализовывать разнообразные архитектурные замыслы.

Преимущества технологии навесных фасадов, их повсеместная распространённость и, как следствие, увеличивающийся объём использования диктуют необходимость выработки эффективной системы контрольных мероприятий при устройстве фасадных систем, так как работы по данной технологии сопряжены с необходимостью обеспечения техники безопасности в условиях высотного строительства, а сами конструкции навесных фасадов выполняют защитную функцию зданий [62]. Такие элементы фасадной системы, как теплоизоляция, конструкции несущего каркаса, разнообразные виды облицовки, должны соответствовать характеристикам, указанным в проектной, а

также нормативной документации. Сама же система контроля качества устройства навесных фасадов должна быть организована таким образом, чтобы надзорные и исследовательские процедуры не приводили к затягиванию сроков реализации проекта с одной стороны, а с другой – не вели к неоправданному увеличению нагрузки на специалистов службы контроля. Организационно-технологические решения системы контроля качества устройства и эксплуатации навесных фасадов должны отвечать принципам эффективности и оптимальности [43, 44,69].

Обеспечение эксплуатационной надежности навесных фасадов и соблюдение безопасности при монтаже являются ключевыми параметрами качества при устройстве указанных фасадных систем. Так, основополагающие требования механической безопасности при строительном-монтажных работах на навесных фасадах указаны в Федеральном законе от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Обеспечение оптимальной и результативной работы в системе контрольных мероприятий при возведении навесных фасадов требует сосредоточить внимание на управленческих решениях и технической обеспеченности данной работы, иными словами – на организационно-технологических решениях при проведении инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Автором определены предмет и объект диссертационного исследования. Если объектом исследования стали навесные фасады, то предметом – именно организационно-технологические решения.

Рассмотрим подробнее предмет исследования. В соответствии с источниками, организационно-технологические решения – 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» [62].

Таким образом, все процессы и условия, касающиеся организации

производственных работ, заносятся в рабочую, техническую документацию, в соответствии с СП 48.13330.2019 «Организация строительства».

Процессы организации строительства включают:

1. Планирование строительства;
2. Определение способа ведения строительства;
3. Проектирование организации строительного производства;
4. Подготовительные мероприятия;
5. Оперативно-диспетчерское управление;
6. Материально-техническое обеспечение;
7. Организация труда;
8. Организация работы транспорта и механизация работ;
9. Управление качеством в строительных организациях.

Проектная документация формируется в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [130].

На основе утвержденной проектной документации разрабатываются проекты производства работ, где подробно расписывается информация о применяемой технологии, о технологической последовательности работ, о параметрах качественного выполнения строительно-монтажных работ [28; 87, 96].

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, строительного-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).

Планирование организационно-технологических решений включает следующие обязательные мероприятия.

1. Определение способа ведения строительства предполагает выбор среди трёх вариантов – последовательным, параллельным или поточным методом, когда производственные операции на стройке осуществляются в соответствии с названиями способов. Так, при последовательном подходе все строительные процессы на объекте последовательно идут друг за другом, начинаясь с окончанием предыдущего. В другом случае операции осуществляются на объекте (участке) одновременно, то есть параллельным методом. Оба эти способа объединяет поточный метод ведения строительства, при этом уменьшая время производства благодаря элементам параллельного подхода и уменьшая количество задействованной рабочей силы благодаря последовательному методу [92].

2. Мероприятия по организации труда включают формирование команды сотрудников и рабочих с необходимой профессиональной квалификацией, разбивка рабочих на бригады (звенья), распределение им задач и формирование графиков их движения, технологическая взаимоувязка работ, расчет трудоемкости работ, распределение затрат [27, 93]. На организацию труда влияют разные факторы, которые также необходимо учитывать: экономические (отраслевые, производственные), экономико-географические, внеэкономические (Рисунок 1.1).

3. Оперативно-диспетчерское управление влияет на эффективность взаимодействия разных элементов в рамках функционирования сложной системы строительного производства. При этом важно обеспечить взаимодействие всех структур на постоянной основе, чтобы процессы обмена информацией осуществлялись адресно, вовремя, точно. Управление осуществляется с помощью

создания системы оперативного информирования, внедрения цифровых форм оперативной документации, назначения ответственных за те или иные участки, иерархического распределения обязанностей. Разрабатываются также необходимые планы, инструкции, графики, алгоритмы и т. д. [82].



Рисунок 1.1 – Перечень факторов, оказывающих влияние на организацию труда

4. Материально-техническое оснащение строительной площадки включает бесперебойную поставку необходимых материалов и механизмов на место строительства объекта [97]. Эффективное осуществление данного пункта предполагает планирование потребности в материальных ресурсах, нормирование расходов, формирование графика движения средств, а в дальнейшем, в соответствии с планом, приобретение, приемку, комплектацию, складирование, ответственное хранение, учет и контроль приобретённых и поставленных материалов.

5. Обустройство на строительной площадке необходимой инфраструктуры – временных дорог и проездов, коммуникаций, подсобных помещений и мастерских,

а также бытового городка для рабочих, кроме того, контроль и техническое обслуживание данной инфраструктуры стройплощадки.

6. Обеспечение механизмами и оборудованием предполагает не только поставку необходимых средств механизации и машин на строительную площадку, но и их техническое обслуживание, ремонт, в процессе строительных работ, охрана, а также обеспечение горюче-смазочными и прочими строительными материалами. Для эффективности реализации данного пункта осуществляется также планирование последовательности работы машин и оборудования на разных этапах строительного-монтажных работ.

7. Организация работы транспорта заключается в формировании на этапе планирования графиков поставок необходимых строительных материалов, конструкций и изделий, в определении типа и видов транспортных средств для их перевозки, в формировании транспортных схем доставки строительных материалов. При осуществлении поставок в процессе строительного производства осуществляется контроль за грузопотоками [56].

Строительно-монтажные работы по устройству навесных фасадов также предполагают применение вышеперечисленных организационно-технологических решений. Из приблизительного перечня организационных мероприятий становится понятным, насколько сложна система производства даже в части отдельного аспекта строительства гражданских зданий. Необходимо спланировать и учесть потребности в материальных, технических и кадровых ресурсах, а также обеспечить эффективное взаимодействие всех элементов сложной структуры строительного производства – в нашем случае – устройства навесных фасадов, с помощью информационной, управленческой структур. В этой связи остро встаёт вопрос обеспечения конечного качества строительного продукта [87, 88]. Поэтому важно сформировать систему контроля при возведении навесных фасадов гражданских зданий, при этом такая система должна быть эффективной, то есть необходимо разработать механизм оптимизации организационно-технологических контрольных процедур. Для разработки такого механизма необходимо провести анализ факторов, оказывающих воздействие на эффективность инструментального

контроля эксплуатационного качества навесных фасадов – как на стадии проектно-изыскательских работ, так и в период строительного-монтажных работ [1, 21, 81]. Такое всестороннее исследование позволит рассмотреть процесс в комплексе и во взаимосвязи всех элементов системы. Этим будет обеспечен комплексный системный подход к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий.

1.2. Особенности организационно-технологического проектирования системы контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий

Как уже было сказано, разработать эффективную систему контроля качества навесных фасадов или повысить эффективность контрольных мероприятий возможно только при комплексном подходе, когда выявлены и определены все факторы, влияющие на успех контрольной функции, а значит, и всего строительного проекта в целом. Для формирования такой системы в данной диссертационной работе взяли за основу понятие «организационно-технологическое решение», которое, как правило, исследователи используют для анализа и разработок в части реального строительного производства, мало применяя этот термин к процессу подготовки и проведения контрольных мероприятий [22, 23]. Автор считает, что правильно выбранные взаимоувязанные организационно-технологические решения, положенные в основу системы инструментального контроля качества навесных фасадов, положительным образом скажутся и на проведении контрольных процедур, и на реализации объекта строительства с навесными фасадами.

Обратимся к рекомендациям по контролю навесных фасадов в нормативно-технической документации. Сложности возникают при освещении контроля качества нетиповых проектов, при охвате всего спектра методов, оборудования инструментального контроля навесных фасадов [105]. Производственные процедуры контроля оказались не обобщены и не

систематизированы.

Что касается формирования документации при организации контроля качества, к которой предъявляются высокие требования федеральными законами и нормативной литературой, то при проектировании возведения конструкций навесного фасада обязательным в технической документации является раздел контроля качества работ, в котором описывается проведение испытаний устройства фасадных систем неразрушающими методами. Однако в регламентирующей литературе для раздела контроля качества проекта организации строительства отсутствуют четкие организационно-технологические рекомендации по проведению контроля качества при возведении навесных фасадов.

Согласно разделу 6 «Проект организации строительства» Постановления Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», при подготовке проектной документации является обязательным включение в нее раздела ПОС. Наряду с проектом организации строительства (ПОС), необходима разработка проекта производства работ (ППР), а также «дополнительная документация, в которой предлагаются решения по организации строительного производства и технологии строительно-монтажных работ, согласованные, оформленные и утвержденные в соответствии с условиями, функционирующими в организациях, осуществляющих разработку, утверждение и согласование этих документов из ряда определенных технических документов» [89; 95]. Такая документация должна соответствовать требованиям сводов правил и методических рекомендаций, а также ГОСТам: МДС 12-81.2007, СП 48.13330.2011, СП 70.13330.2012, ГОСТ 2.104-2006 и пр. [90; 94; 111; 112]. Всё это применимо и в части устройства навесных фасадных конструкций гражданских зданий.

Кроме того, при планировании таких видов работ необходимо разрабатывать технологические карты или регламенты на производство монтажных работ навесных фасадных систем. В подобного рода документации

приводится описание технологии и организации выполнения монтажных работ [5], содержание материально-технического обеспечения, размещаются правила техники безопасности, а также аспекты контроля качества проведения работ [91; 95; 113].

В итоге можно сделать вывод, что рекомендаций и методических указаний об организации контроля качества устройства навесных фасадов, которые на сегодняшний день содержатся в нормативно-технических источниках, недостаточно, чтобы можно было с уверенностью говорить о системе эффективного контроля в этой области [11; 74; 107].

Описание и структуризация организационных, технических, технологических мероприятий контроля качества устройства фасадных систем в рамках исследования необходима, чтобы на этой основе разработать методику оптимизации контрольной функции. Это позволит повысить эффективность контроля, избежать излишне запланированных процедур, отменить нерациональные инструментальные измерения, сосредоточиться на наиболее результативных контрольных процессах [30, 31]. Всё это может улучшить организацию самого контроля, повысить качество устройства фасадных конструкций, сократить сроки контроля и реализации проекта в целом, а значит, сэкономить или, как минимум, избежать дополнительных затрат на проведение контроля или устранение несущественных замечаний, сделанных во время контрольных мероприятий [106].

1.3. Обзор методов инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий

Рассмотрим подробнее существующие методы инструментального контроля качества систем навесного фасада. При проведении соответствующих контрольных мероприятий и процедур необходимо рассматривать как объект контроля каждый отдельный элемент навесного фасада и систему навесного фасада в целом, состоящую из множества таких элементов. Эти элементы

находятся во взаимодействии друг с другом и только так обеспечивают теплоизоляцию ограждающих конструкций.

Таким образом структурируется весь объём средств контроля на две группы (рисунок 1.2) по признакам, указанным выше.

В первую группу контроля качества элементов навесного фасада автором были включены только те методы и инструменты, что используются при контроле качества строительных материалов в таких конструкциях (рисунок 1.3). Важно, что в этом случае специалисту, проводящему контрольные процедуры, не требуется знание технологического устройства фасадной конструкции и аспекты её работы.

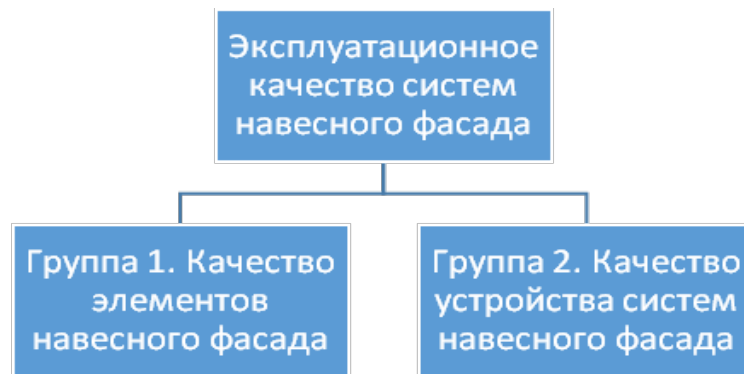


Рисунок 1.2 – Группы контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада

Необходимо отметить, что организация контроля качества с применением методов, указанных в этой группе, должна учитывать обоснование локализации проведения контроля. Определение конкретных мест должно основываться, всё-таки, на аспектах устройства фасадных конструкций, так как необходимо учитывать «слабые места», участки фасада, требующие повышенного внимания. При этом количество мест проведения контрольных процедур определяется статистическими методами [2].

Все средства контроля, относящиеся к данной группе, были определены, в процессе анализа контрольных мероприятий [73]. Повторяющиеся средства контроля на разных этапах проведения контроля были обобщены. Собранные

данные были дополнены параметрами контролируемых процессов и сформированы в единую таблицу (таблица 1 в Приложении А).

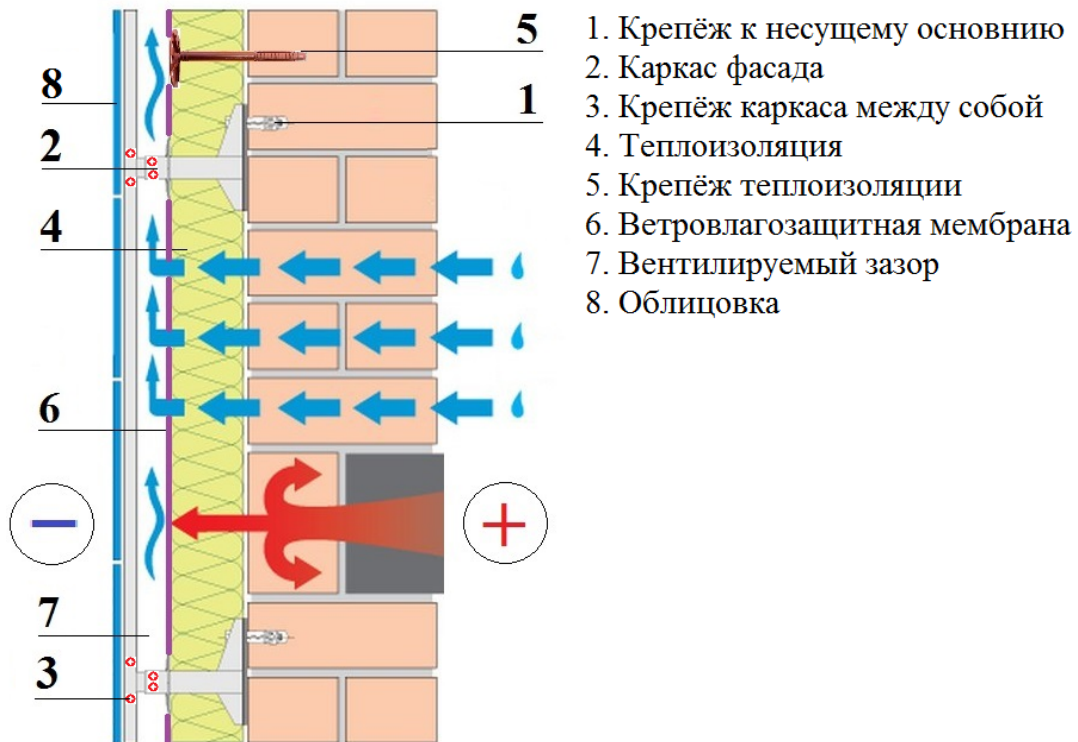


Рисунок 1.3 – Элементы фасадной системы

Кроме того, также была исследована существующая нормативная база по применению указанных средств контроля (рисунок 1.4). Выявленная информация была структурирована на нормативы, определяющие технические требования к средствам контроля, и на нормативы, содержащие методы и правила применения средств контроля (таблица 2 Приложения А).

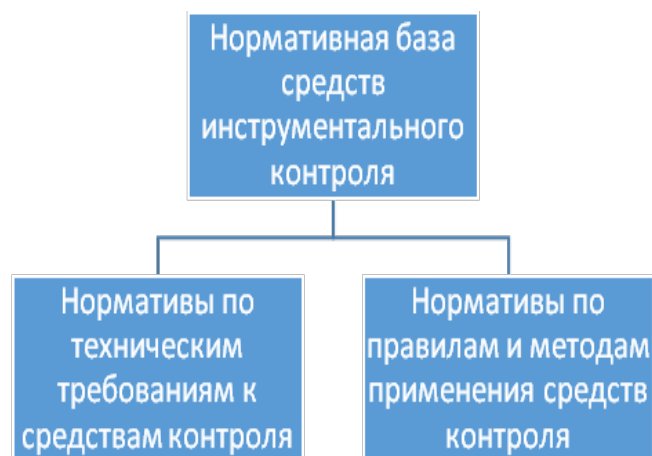


Рисунок 1.4 – Деление на группы нормативной базы средств инструментального контроля

Во второй группе контроля качества устройства (сборки) навесного фасада объединены процедуры и мероприятия по определению качества работоспособности конструкции навесного фасада в целом, ее технического состояния. Организация данных процедур базируется на представлении о технологическом устройстве и работе навесного фасада как единой системы, с учётом конструктивных особенностей и противопожарных требований, предъявляемых к системам навесного фасада.

Средства контроля и контролируемые параметры данной группы представлены в таблице 3 Приложения А.

При анализе так же, как и для первой группы, были обобщены средства контроля данной группы, систематизированы параметры контрольных процедур и проведен анализ нормативно-технической базы по их применению: технические свидетельства и рабочая документация на устройство навесного фасада содержат конструктивные особенности и противопожарные требования к устройству фасадных систем. Результаты исследования представлены в таблице 4 Приложения А.

В результате анализа определено, что действующая нормативная документация содержит лишь описание этапов оценки качества отдельных элементов навесного фасада, стадий проведения контрольных процедур, анализа качества элементов системы и строительных материалов навесного фасада. Однако действующие нормативные акты не отражают необходимость учёта характерных свойств инженерной системы фасада. Получается, что современные нормативные документы регламентируют лишь применение инструментальных средств контроля, не отвечая на вопросы организации контрольных мероприятий. Между тем, именно организационные вопросы важны при осуществлении контроля качества навесных фасадов гражданских зданий, когда необходимо выбрать и использовать одновременно сразу несколько средств инструментального контроля.

Таким образом, актуальной задачей становится разработка методики организации контроля качества и обследования технического состояния систем

навесного фасада с применением современных средств инструментального контроля.

1.4. Понятие системного подхода к организации инструментального контроля качества в строительстве

Для оценки организации контроля качества навесных фасадов гражданских зданий необходима работа по созданию соответствующей методики, для разработки такой методики автором был использован системный подход [39].

«Системотехникой строительства называют научно-техническую дисциплину, которая во взаимосвязи, комплексно охватывает проблемы проектирования, образования, работы и развития организационных, технических, экономических, управленческих и прочих межсистемных связей и строительных систем, помогающих добиться поставленных в строительстве целей» [32; 33; 34].

Системный подход часто используется в строительной отрасли, поскольку именно строительство предоставляет такой разнообразный спектр сложных иерархических систем, что исследователям самых разных направлений приходится обращаться к принципам системотехники. Но не только – системный подход составляет основу организации строительного производства [6].

Системотехника рассматривает строительный проект как систему – иерархически структурированную, многоуровневую совокупность подсистем, представляющих собой субъекты и объединения, этапы и элементы, которые взаимодействуют между собой, обладая функциональными, информационными, организационными взаимосвязями [73].

Понятие системотехники стало широко распространяться с 60-х годов 20-го века, вместе с активным развитием науки и техники, термин прочно вошёл в теорию управления и автоматизированных систем. Оттуда

системотехника перешла в научной-практический оборот строительной отрасли. И на сегодняшний день теория автоматизированных систем прочно закрепились в практике организации строительства, где применяются автоматизированные системы управления (АСУ) проектных работ и плановых расчётов, обработки документации, информационных данных и другие. Все составляющие систему строительные процессы с помощью АСУ находятся во взаимосвязи и работают тем успешней, чем лучше настроено их взаимодействие.

Ведь, как правило, в любой системе самые слабые места находятся на пересечении смежных дисциплин, операций, ведомств. Системотехнический подход позволяет выявлять, купировать проблемы в точках совпадения и взаимодействия управления и проектирования, проектирования и финансирования, планирования и управления, а также вырабатывать эффективные решения по взаимодействию разных элементов системы.

Рассмотрим принципы системного подхода. Известный исследователь в области системотехники профессор А. А. Гусаков приводит следующие методологические и концептуальные принципы [26, 29, 34, 35].

1. Вероятностный статистический принцип – основной принцип в науке. Именно на этом принципе фиксируется статистика и вероятность по исследуемому объекту или явлению. А системно собранный массив данных даёт корреляцию и достоверность полученным результатам.

2. Функционально-системный принцип рассматривает организационную структуру организации в виде системы с элементами факторов и параметров, которые ведут к достижению цели, стоящей перед организацией. Достижение этой цели, результат деятельности организации выступает системообразующим фактором. При этом все составляющие системы, как и взаимосвязи, могут и должны меняться, подстраиваться под условия для достижения положительного итога.

3. Инженерно-экономический принцип основан на качественной сверке, оценке результатов, что позволяет убедиться в правильности принятых для достижения целей организационных, проектных и других решений, ведущих в

итоге к увеличению экономического потенциала.

4. Имитационно-моделирующий принцип позволяет прогнозировать результат в зависимости от принятых условий, а также менять эти обстоятельства (качество, характеристики элементов) с целью получения новых итогов, позволяет видеть обратный отклик при меняемых компонентах от участников сложной системы строительного производства. Моделирование позволяет осуществить поиск наиболее эффективных организационно-технологических решений.

5. Инженерно-психологический принцип из своего названия указывает на взаимодействие человека и машины ЭВМ в рамках решения сложных задач. Данный принцип предполагает разграничение функций, выполняемых человеком и компьютером. Компьютер стал незаменимым инструментом человека, между ними происходит постоянный обмен задачами и функциями. Программы всё более и более усложняются, а поиск решений при этом облегчается. Комфортное взаимодействие человека и машины, согласованность «действий» важны для успешного достижения целей.

6. Интерактивно-графический принцип предполагает взаимодействие компьютера и человека для обработки сложных данных и работы над трудно формализуемыми задачами. Человеку легче считывать графически оформленную информацию (например, сложную схему функционирования звена, участка производства), поэтому для создания наглядного материала человек использует ПК, отдавая ему формальные задачи, которые можно менять, исходя из условий, и оставляя за собой поиск неформальных решений.

7. Информационно-энергетический принцип позволяет оценить как информационные, так и энергетические потоки в структуре деятельности, вычислить результативность как в битах, так и в джоулях.

8. Структурно-лингвистический принцип позволяет преобразовать и исследовать систему в виде лингвистической структуры.

1.5. Искусственная нейронная сеть как математическая модель для обработки огромного массива данных

Ещё одним инструментом, принципы работы которого необходимо рассмотреть в данной главе о методологии, является искусственная нейронная сеть, алгоритм которой позволяет использовать её в математической модели для обработки огромного массива данных.

Искусственная нейронная сеть позволит перевести качественные характеристики в количественные и с высокой степенью вероятности спрогнозировать успех либо отрицательный результат конкретной деятельности – в нашем случае проведения инструментального контроля эксплуатационного качества начесного фасада гражданского здания. При этом разработанная на базе ИНС модель позволит увидеть слабые места в организационной структуре контроля и смоделировать необходимые организационно-технические решения для повышения эффективности контрольных мероприятий. С другой стороны, вычисленный комплексный показатель качества организации контроля укажет на границу неэффективного использования контрольных процедур, минимизируя расходы на проведение инструментального контроля [50].

Математическая модель на базе нейросети позволяет анализировать множество вариантов факторов и параметров, всевозможным образом воздействующих друг на друга и на конечный результат. ИНС позволяет выявить значимость каждого элемента и сконструировать разные варианты совокупности факторов с тем, чтобы предсказать итог всего предприятия. По данным возможностям другие известные методики и модели, давно применяемые для решения частных задач, уступают искусственной нейронной сети. Например, линейные и нелинейные интегральные уравнения, теория игр, теория множеств, теория вероятности и другие [66; 74; 121]. Столь огромное количество параметров внутри каждого фактора и самих факторов трудно учесть традиционными математическими методами в виде линейных моделей с тем, чтобы получить при этом достоверные результаты. Совсем другое дело

нейросеть, которая нацелена на обработку большого массива данных, и чем более необходимой информации с аналогичными примерами поступает, тем точнее и достовернее она выдает результаты [135].

Структуру нейронной сети составляют нейроны – элементарные единицы, в которых содержится и накапливается информация. Причём информация поступает извне, а далее по каналам связей информация передаётся внутри сети от нейрона к нейрону, обрабатывается и тем самым преобразуется. Большие объёмы информации на заданную тему выступают обучающим материалом, когда определённые условия приводят к определённым итогам. Связи между нейронами, которые называются синаптическими весами, структурируют полученные знания, на основе которых возможно прогнозирование результатов для конкретной задачи.

Искусственная сеть, как и головной мозг, но в упрощённом и более «жёстком», математическом, виде представляет собой параллельную систему обработки информации, где нейроны, накапливая опыт от предыдущих действий, в ходе работы способны использовать этот опыт в последующих действиях.

Особенно выделяют такие возможности нейросети, как самообучение и распараллеливание обработки информации. Обучение происходит за счёт накопления поступающих извне примеров и обобщения информации. Распараллеливание означает оптимальный выбор из параллельных вариантов решения задачи.

Чтобы понять механизм действия нейросети, обратимся к структурным схемам нейрона и математическим функциям, описывающим действие нейрона. Представленная на Рисунке 1.5 нелинейная модель искусственного нейрона имитирует принципы работы биологического нейрона. Входные сигналы извне или других нейронов (X_1, X_2, \dots, X_m) приходят на вход нейрона и умножаются на свой синаптический вес ($W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}$), после чего поступают на сумматор (Σ), где суммируются, и изменённый таким образом сигнал, на что указывает порог активации (b), далее преобразуются функцией активации (φ), которая ограничивает амплитуду и «укладывает» выходной

сигнал (y_k) в численный интервал.

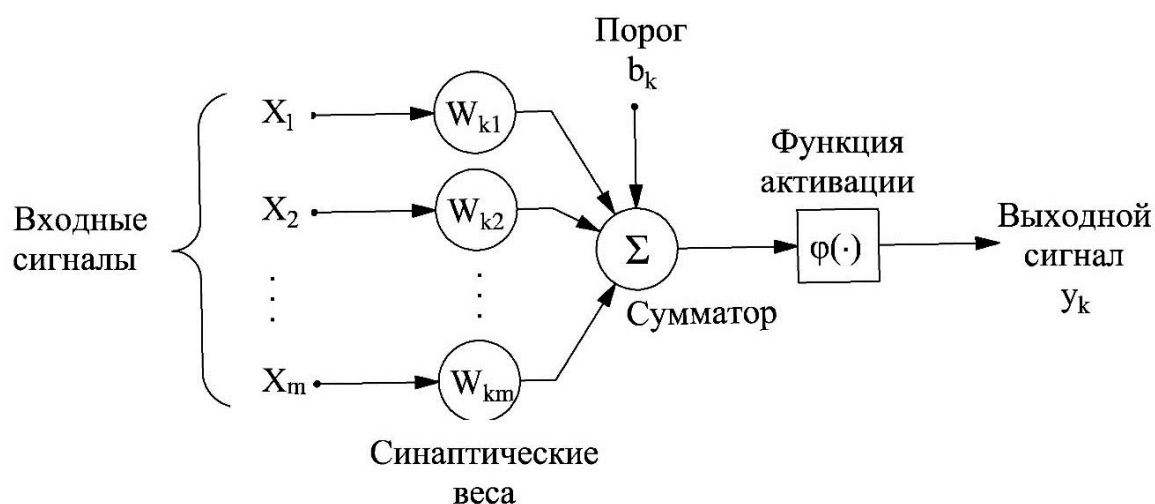


Рисунок 1.5 – Структурная схема нейрона

Входные сигналы для расчётов в рамках исследования будут представлять собой показатели параметров, оказывающих воздействие на организацию контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания с помощью инструментальных средств (например, наличие инструментов и оборудования по определению теплотехнических характеристик, наличие и качество исполнительных схем исполнительной документации, возможность проведения работ в экстремальных температурных условиях). Параметры сформированы и представлены в параграфе 2.3 главы 2 (Таблицы 2.1 и 2.2).

Синаптические веса, то есть значения степени влияния факторов, влияющих на организационно-технические решения проводимого контроля устройства навесного фасада – от качества исходно-разрешительной документации до качества строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы – были определены с применением метода экспертных оценок и представлены в разделе 2.4 настоящей главы (Таблица 2.4). Синаптические веса обозначают значимость каждого фактора в интервале значений от 0 до 1.

Функционирование нейрона k в виде математических формул выглядит следующим образом:

$$U_k = \sum_{j=0}^m W_{kj} X_j \quad (1.1)$$

$$y_k = \varphi(U_k + b_k), \quad (1.2)$$

где X_1, X_2, \dots, X_m – входные сигналы, обозначающие показатели параметров нейрона;

$W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}$ – синаптические веса нейрона k ;

U_k – линейная комбинация входных воздействий;

b_k – порог активации;

$\varphi(\cdot)$ – функция активации;

y_k – выходной сигнал нейрона.

Выходной сигнал нейрона, определённый в результате расчетов по формуле, представляет искомое значение единичного показателя качества ОТР для инструментального контроля в виде количественной характеристики.

Другой важной величиной является постсинаптический потенциал, который представляет собой показатель качества одного фактора (нейрона) с учетом степени его значимости. Эта величина играет решающую роль в дальнейших расчетах. Постсинаптический потенциал можно найти по формуле:

$$V_k = U_k + b_k. \quad (1.3)$$

В результате преобразования входного сигнала в выходной каждый из 13 факторов влияния при организации инструментального контроля в период проектно-изыскательских работ (например, сложность фасадной системы или применение двух и более фасадных систем) и каждый из 16 факторов влияния при организации инструментального контроля на этапе строительного-монтажных работ (например, квалификация исполнителей инструментального контроля или оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами) получает числовое значение.

Собственно первыми, кто сформулировал принципы построения

искусственных нейронов и искусственной нейронной сети в 1943 году, были Дж. МакКалок и У. Питтс. На Рисунке 1.6 схематично представлен математический нейрон МакКаллока–Питтса, или узловая нейронная сеть.

Согласно их концепции, «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 является выходной сигнал.

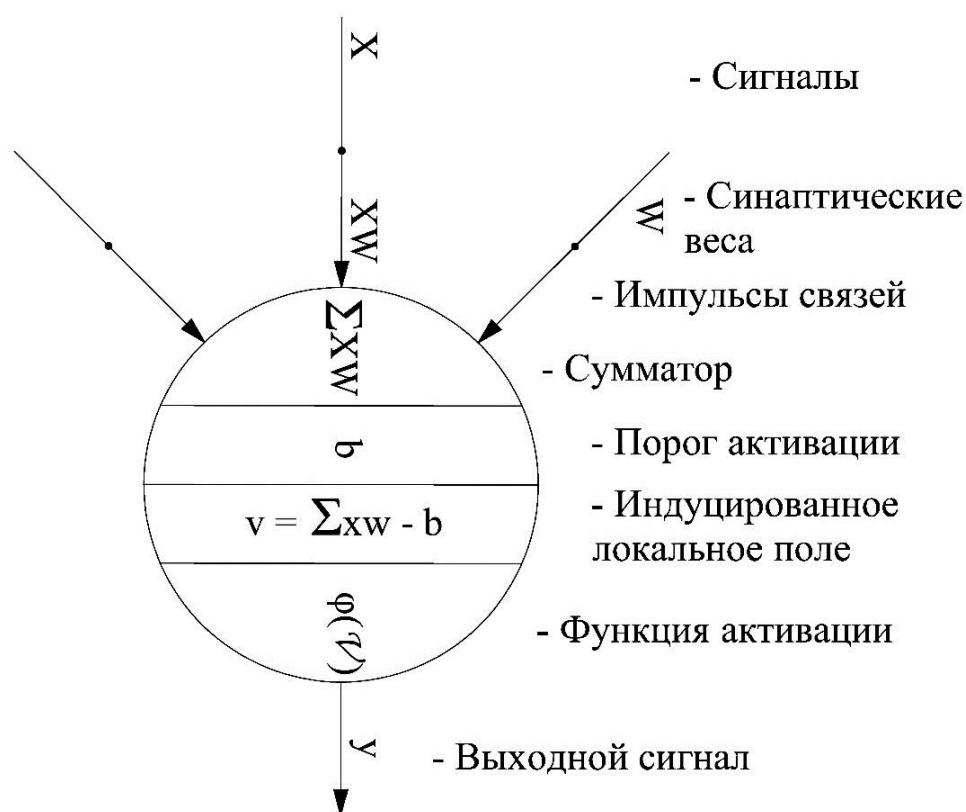


Рисунок 1.6 – Структура математического нейрона МакКаллока–Питтса

Была применена функция Хевисайда с целью аппроксимации функции активации. Отдельные отрезки линейной функции называются ещё кусочно-

линейной функцией, иными словами пороговой функцией. График функции Хевисайда показан на Рисунке 1.7.

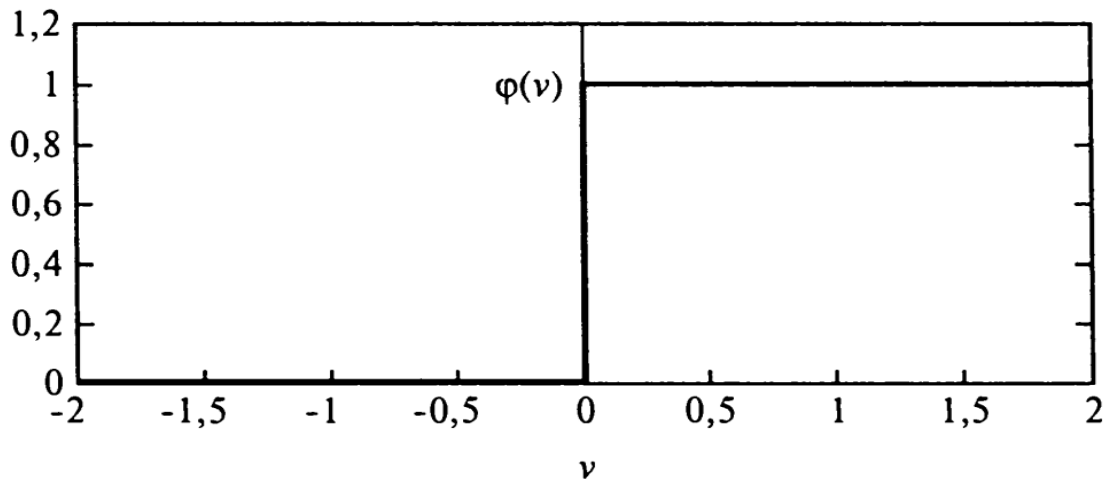


Рисунок 2.6 – График функции Хевисайда

Модифицируем формулу, поменяв правую часть неравенств:

$$\varphi_v = \begin{cases} 1, & \text{если } V_k \geq W_{kj} \\ 0, & \text{если } V_k < W_{kj}. \end{cases} \quad (1.4)$$

Конечно, с помощью приведённых функций можно приблизительно представить сложную работу нейрона в структуре ИНС. Между тем, функционирование многослойной нейросети имеет ещё более сложную структуру с множеством входных сигналов в виде значений параметров, примерно, как если бы данные однослойные формулы умножить (Рисунок 1.8).

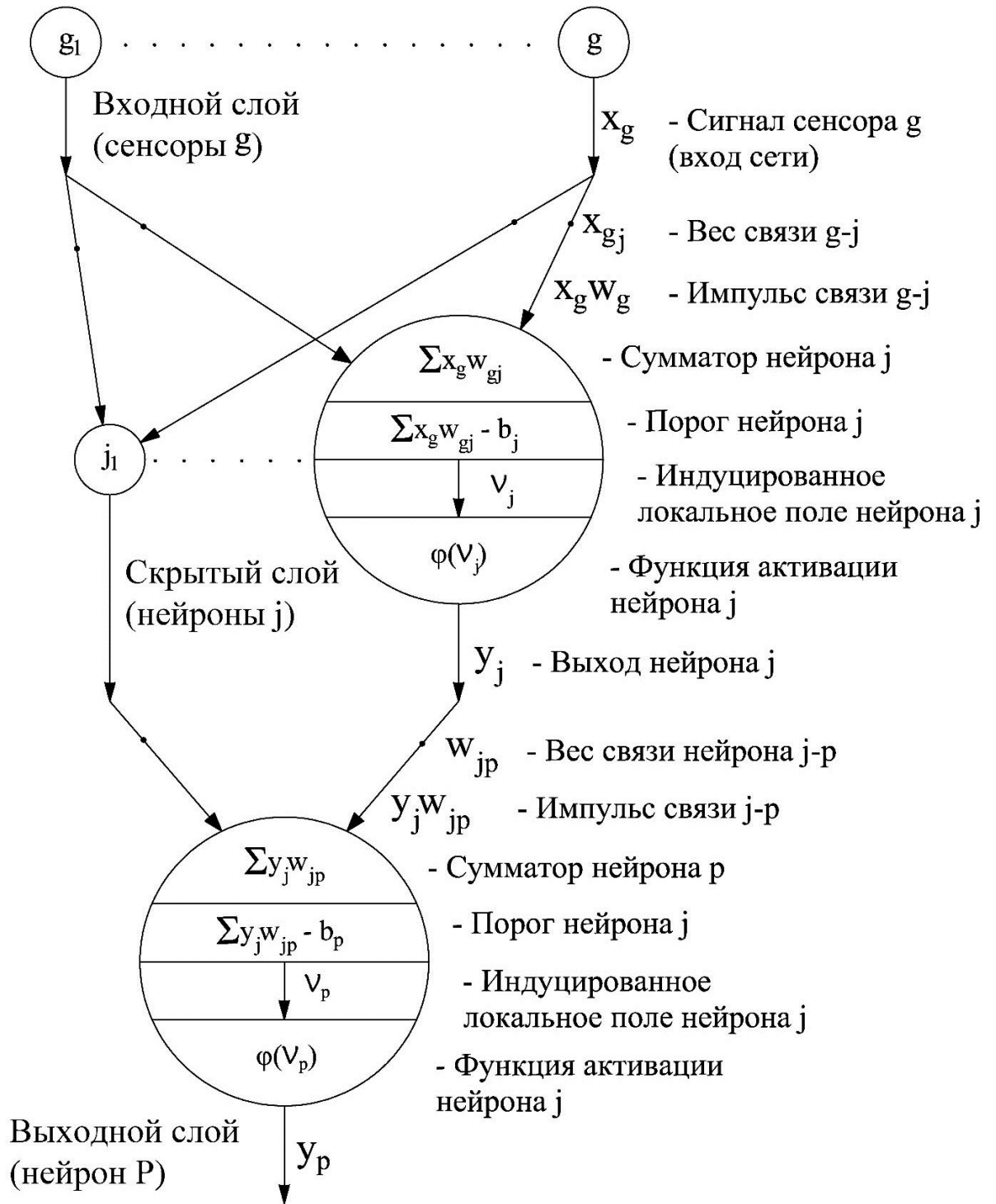


Рисунок 1.8 – Многослойная (трёхслойная) структура нейросети

На Рисунке 1.9 схематично представлена работа нейросети, а именно взаимодействие нейронов, каждый нейрон при этом показан со всеми скрытыми слоями.

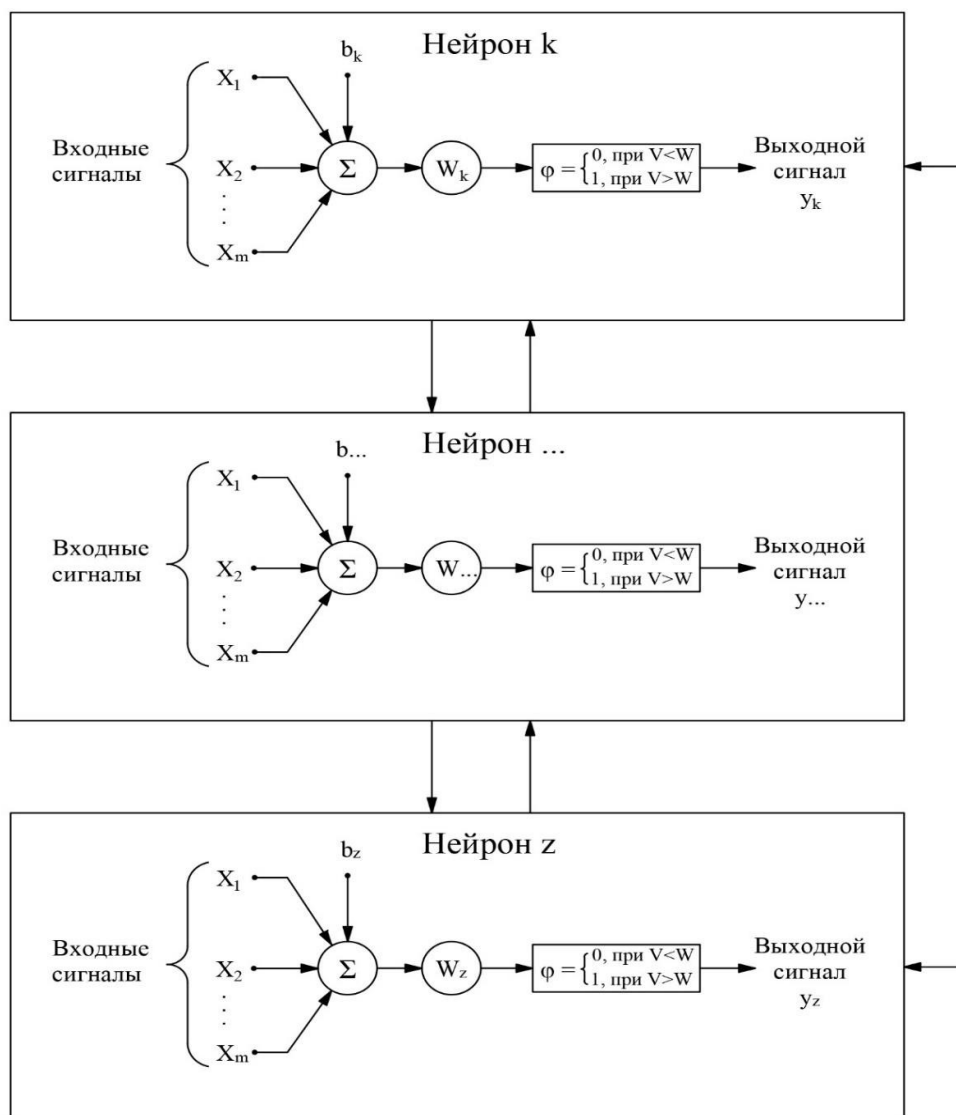


Рисунок 1.9 – Схема функционирования нейронов в составе нейросети

Основные полезные особенности нейронных систем:

1. Аналогия в нейробиологии: структурная система искусственной нейронной сети аналогична работе человеческого мозга. Мозговая же деятельность доказывает реальность и эффективность параллельных путей поиска решения задач.
2. Отказоустойчивость системы гарантирует получение результата даже при возникновении негативных обстоятельств и искажении какого-то нейрона.
3. Контекстная связь структуры: на любой нейрон системы воздействуют все остальные.
4. Однозначная интерпретация результатов помогает исключить лишнее

решение из общего числа сомнительных, а значит, повысить достоверность результатов.

5. Нелинейность, или динамичность, когда с помощью нелинейных дифференциальных уравнений возможно продемонстрировать функционирование нейросети.

6. Адаптивность – это важнейшее свойство нейросети, заключающееся в ее способности адаптировать связи между нейронами (синаптические веса) при изменении поступающих извне показателей факторов.

7. Соответствие входной и выходной информации: в процессе обучения сеть понятно и единообразно преобразует входной сигнал в выходной.

8. Единообразие проектных решений полезно при решении схожих задач в разных сферах.

9. Потенциал масштабируемости – решение отдельных задач ускоряется и может быть применено многократно благодаря параллельной структуре нейросети в рамках технологии VLSI (технология формирования сверхбольших интегральных схем, которое могут содержать до одного миллиона компонентов).

Результатом применения математической модели в виде ИНС является числовое значение комплексного показателя качества организационно-технологических решений, требующим соответствующей интерпретации, когда цифровой показатель имеет соответствующие качественные характеристики. Качественная оценка позволяет сделать соответствующие выводы и при необходимости выработать рекомендации по повышению эффективности организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Одним из инструментов интерпретации числовых значений является результат научно-исследовательских работ ФАУ «ФЦС» при разработке проекта приказа Минстроя России «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений и Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» предлагающий классификацию энергоэффективности на основании числовых

значений отклонений расхода ТЭР в табличной форме с качественными характеристиками (Рисунок 1.10):

Обозначение класса энергоэффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода ТЭР от базового уровня, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

Рисунок 1.10 – Класс энергоэффективности

1.6. Нормативно-техническая база проведения инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. Постановка научной задачи

Системы навесного фасада сегодня являются популярной строительной технологией в вопросе отделки зданий. Именно навесные фасады ещё с конца 20 века активно применяются не только при возведении, но и при ремонте и реконструкции различных зданий.

Стоит отметить, что применение технологии навесного фасада для внешней отделки зданий помогает усилить их тепловой контур. Новые требования к энергоэффективности были зафиксированы в принятой в 2010 году

Правительством РФ за № 2446-р программе «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Именно это и способствовало усиленному развитию сегмента навесных фасадов на строительном рынке в нашей стране.

Впрочем, стоит отметить, что существуют факторы, препятствующие полноценному распространению технологии навесных фасадов в современных условиях. Так, с одной стороны, у нас в стране нет действующей нормативной документации (типа ГОСТов, СНиПов или СП) конкретно для данного сегмента строительства. Все проектные и строительно-монтажные работы по устройству систем навесных фасадов проводятся на основании технических свидетельств (ТС) [124], [125] производителей СНФ, технических рекомендаций (только для города Москвы) («Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем : ТР 161-05 : Технические рекомендации ГУ Центр «Энлаком»») [126] и СТО (СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ (с Изменением № 1)»).

С другой стороны, по прошествии стольких лет использования данной технологии в стране навесные фасады законодательством воспринимаются всё ещё «новой» конструкцией. На практике это означает, что решение об использовании данной технологии принимается по итогам прохождения определённых процедур в установленном порядке, а именно необходимо подтвердить пригодность той или иной системы навесного фасада для строительных целей в ФАУ «ФЦС» Минстроя России (постановление Госстроя РФ от 1 июля 2002 г. № 76 «О порядке подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве»). Результатом прохождения соответствующей экспертизы должна стать выдача технического свидетельства (приказ Министерства регионального развития РФ № 292 от 24 декабря 2008 г. «Об оформлении технического свидетельства о пригодности новой продукции для применения в строительстве на территории Российской Федерации»). Напомним, что всё это регламентировано действующим Постановлением Правительства РФ

№ 1636 от 27 декабря 1997 года «О правилах подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве».

Этого, по мнению авторов, недостаточно, если иметь в виду необходимость массового распространения этой технологии и безопасной эксплуатации НФ. При этом вопросы безопасности важны не только для строительных компаний, осуществляющих контроль качества на всём протяжении строительно-монтажных работ по установке фасадных систем до момента ввода объекта в эксплуатацию, но и для собственников, и для организаций, обслуживающих здания с навесными фасадами, когда проводится оценка технического состояния фасадов с целью принятия решения о проведении текущего или капитального ремонта, в том числе демонтажа навесных систем. Все эти вопросы не могут быть решены без специализированного обследования зданий с навесными фасадами силами лицензированных организаций. Специалисты данных организаций должны руководствоваться не только общей нормативной базой (ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»; СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»), не только техническими условиями, составленными производителями навесных систем, но и более объективными, независимыми регламентами, имеющими в основе своей доказанную исследовательскую базу в отношении систем навесных фасадов, чтобы иметь представление об особенностях технологии устройства навесных фасадов, знать их «слабые места», уметь прогнозировать появление дефектов при эксплуатации здания с НФ, тем самым осуществляя профилактические мероприятия для обеспечения безопасности и надёжности фасадных конструкций [5], [6]. На сегодняшний же момент в период эксплуатации объекта довольно часто проектная или исполнительная документация по НФ отсутствуют, что делает решение вышеперечисленных задач ещё более значимым.

Обеспечение безопасной и долговременной эксплуатации зданий с отделкой навесными фасадами требует регулярного и тщательного обследования конструкций навесного фасада с точки зрения выявления технических дефектов.

Обследование, в соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», рассматривается как «комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления». За обследование отвечают и несут ответственность специализированные организации, призванные осуществлять строительный контроль и обследование зданий и сооружений. Сотрудники данных организаций также проводят планирование, организацию и проведение контрольных процедур.

Максимально возможный сегодня перечень вопросов, связанный с выявлением фактических параметров и дефектов конструкций навесного фасада, можно успешно реализовать с помощью специального оборудования – методами и средствами инструментального контроля. Однако на этапе эксплуатации здания с навесным фасадом эта задача усложняется. Поэтому выбор эффективных методов и средств инструментального контроля, учёт факторов, влияющих на этот выбор, и принятие соответствующих организационно-технологических решений при организации инструментального контроля являются насущными задачами.

Рассматривая процесс организации инструментального контроля как систему, необходимо выявить все факторы, оказывающие на неё влияние. Разработка системного подхода в выявлении данных факторов и определении их степени влияния на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий является научной задачей данного исследования.

Выводы по главе 1

1. Проведён обзор литературы, рассмотрено содержание научно-технической, а также нормативной базы инструментального контроля качества систем навесных фасадов, выполнен анализ организационно-технологических

решений, применяемых на этапах проектирования и строительного-монтажных работ устройства навесных фасадов, а также анализ имеющейся системы контроля качества данных решений.

2. Определены основные этапы инструментального контроля качества устройства навесных фасадов, проанализирована структура контрольных процедур. Обобщены методы и инструменты, которые применяются при контроле качества строительных материалов, используемых в конструкциях навесных фасадов, специалисту, проводящему контрольные процедуры с помощью данных методов и средств, не требуется знание технологического устройства фасадной конструкции и аспектах её работы. Нормативная база структурирована на нормативы, определяющие технические требования к средствам контроля, и на нормативы, содержащие методы и правила применения средств контроля.

3. Представлены существующие на сегодняшний день способы организации инструментального контроля качества устройства навесных фасадов.

4. Определены недостатки представленных методов.

5. Выявлено отсутствие методики, учитывающей факторы, которые воздействуют на разных этапах строительства как на сам процесс контроля, так и взаимно друг на друга:

6. Выявлено отсутствие полноценных комплексных предложений, нацеленных на повышение эффективности инструментального контроля качества навесных фасадов в части сокращения сроков его проведения.

7. Дано описание принципа действия искусственных нейронных сетей. Продемонстрированы преимущества работы нейросети, элементы её структуры и схема её функционирования.

Глава 2

Методологические основы системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий

Данная глава представляет методологические основы, используемые для решения поставленных в исследовании задач. Рассматриваются методы научного исследования, позволяющие доказательно сформировать основы системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий.

В главе подробно представлены выбранные для целей исследования методы с разбором действий в рамках этих методов. Так, формирование последовательности мероприятий в ходе опыта автором производилось на основе метода планирования эксперимента. Также был применён метод системного анализа с целью структуризации полученных данных [41; 53].

В главе приводится описание наиболее важных составляющих показателя качества организации отдельных процессов инструментального контроля, дано определение системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества конструкций навесного фасада при отделке гражданских зданий. В результате анализа установлен комплекс оказывающих значительное влияние на организацию инструментального контроля факторов. Выявленные факторы изучены с целью получения измеряемых показателей – параметров и определения их значений. Изученные факторы были проранжированы по степени важности.

С целью определения факторов, воздействующих на организацию инструментального контроля, представлено применение метода индивидуального экспертного опроса, уделено внимание теоретическим разработкам данного метода. В ходе исследования была собрана группа экспертов, созданы условия для проведения опроса, подготовлены данные для присвоения оценок экспертами, представлен алгоритм индивидуального экспертного опроса. После обработки

полученных данных определен полный перечень факторов, воздействующих на организацию контрольных мероприятий.

Кроме того, поскольку для вычисления комплексного показателя качества проведения контроля устройства навесных фасадов гражданских зданий в исследовании использовался математический аппарат с применением работы искусственной нейронной сети. В данной главе дано описание принципа действия искусственных нейронных сетей. Продемонстрированы преимущества работы нейросети, элементы её структуры и схема её функционирования. Выполнены предварительные операции для последующей работы нейросети в рамках исследования для расчета влияния факторов на процесс организации инструментального контроля качества.

2.1. Планирование эксперимента по выявлению факторов влияния

Для поставленных в исследовании целей формирования системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий, разработки методики оптимизации контрольных мероприятий и вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений проведения контроля необходимо для начала установить те факторы, что оказывают существенное воздействие на организацию и проведение контрольной деятельности. Для выявления таких факторов был использован метод планирования эксперимента.

Данный метод предполагает проведение в определённой последовательности действий, призванных с минимальным объёмом затрат на процедуры достичь максимально возможных результатов с точки зрения точности измерений. Метод планирования эксперимента помогает эффективно проводить опыты, достигая при этом необходимой достоверности полученных данных [4, 25].

Для четкой реализации порядок проведения эксперимента был сформирован исходя из 3 шагов.

1. Автор исследовательской работы комплектует перечень потенциально

воздействующих факторов.

2. Эксперты в ходе индивидуального опроса определяют необходимое и достаточное число факторов.

3. Автор исследования в ходе математического расчёта на основе искусственной нейросети выявляет степень значимости каждого из выявленных факторов с целью дальнейшей работы с параметрической моделью.

Для детализации порядка действий эксперимент представлен автором в виде состава эксперимента (Рисунок 2.1.).

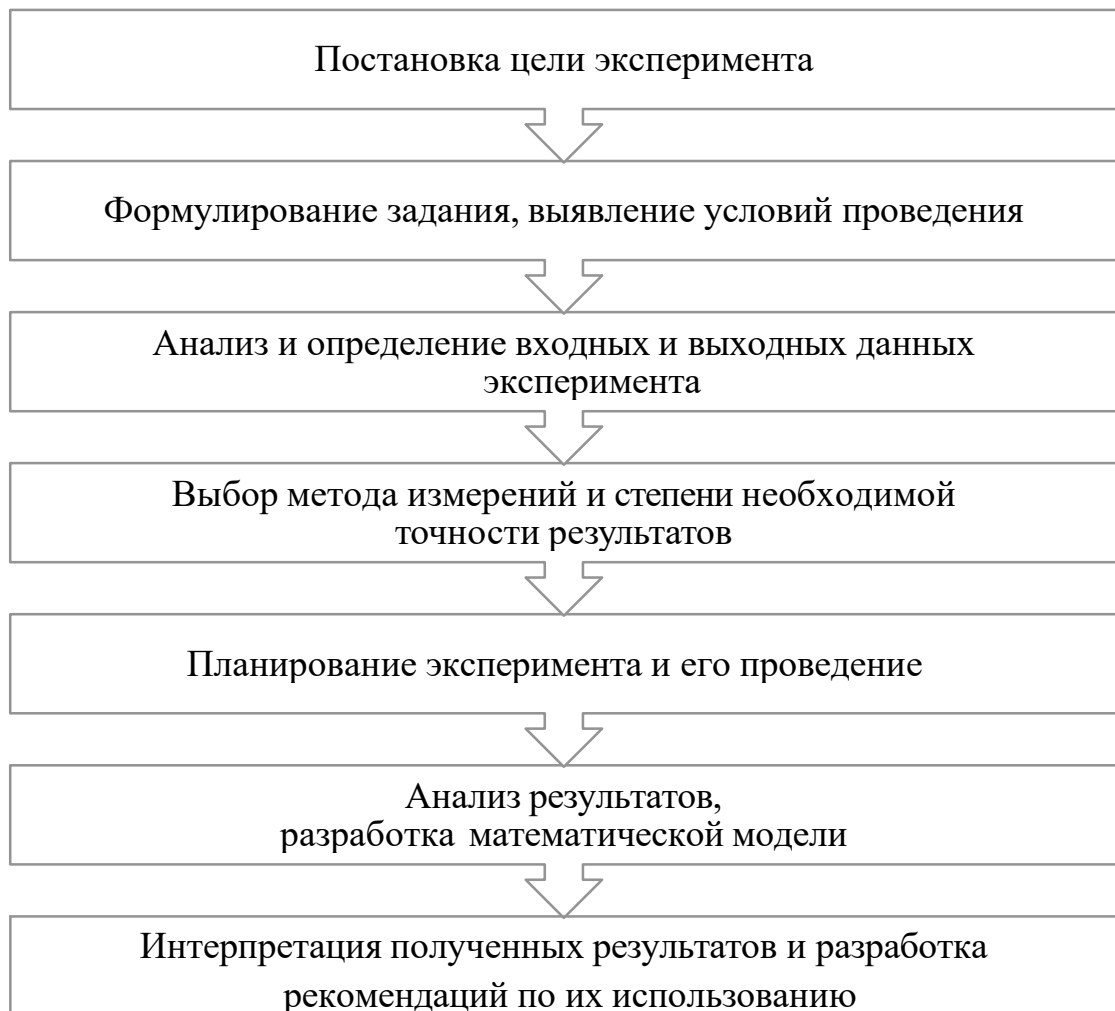


Рисунок 2.1 – Состав эксперимента

Первичные данные для проведения эксперимента получены на действующих строительных и введённых в эксплуатацию объектах (гражданских зданиях).

Неотъемлемым условием сбора первичных данных являлась достоверность информации об объекте строительства. Собранные данные обработаны камерально.

На этапе анализа и определения входных и выходных данных эксперимента в качестве входных данных собираются вся информация, касающаяся объекта исследования. Главное внимание обращается на наличие и качество следующей документации о здании с навесным фасадом:

- 1) исходно-разрешительная документация;
- 2) проектная и рабочая документация;
- 3) исполнительная документация;
- 4) организационно-техническая схема монтажа системы навесного фасада.

Помимо указанной документации необходимы также сведения об условиях строительства:

- 1) о подрядных и субподрядных организациях, об уровне квалификации и опыте кадров;
- 2) об уровне готовности строительного объекта на момент исследования;
- 3) об уровне подготовки инженерно-бытовых условий строительства;
- 4) об уровне обеспеченности оборудованием и механизмами на стадии монтажа конструкций навесного фасада на здании;
- 5) об обнаружении дефектов и недочетов, о присутствии отклонений в различных элементах конструкции фасада.

Факторы, оказывающие воздействие на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий, принимаются выходными параметрами.

При проведении эксперимента необходимо учитывать все факторы, которые могут иметь то или иное влияние на организационно-технологические решения организации контроля качества навесных фасадов, поэтому нам не важны ни величина измерений, ни точность результатов, ведь степень воздействия каждого из факторов будет определяться экспертами во время индивидуального опроса.

Как уже было отмечено, план эксперимента предполагает сначала тщательный анализ всей документации на строение (гражданское здание); затем непосредственное обследование монтируемых или уже возведённых (в зависимости от этапа строительства объекта) фасадных конструкций на предмет отклонений от проектируемых характеристик, а также недочётов, дефектов; и, наконец, сопоставление фактического состояния фасадных систем с заданными требованиями в документации. На основе полученных данных определяются зависимости – влияние тех или иных факторов на конечный результат.

Кроме того, проводится исследование аналогичных объектов строительства – как строящихся, так и уже введённых в эксплуатацию – с целью накопления статистических данных и уточнения зависимостей. На данных объектах, помимо строительной документации, рассматриваются отчеты, подготовленные специалистами по итогам контрольных мероприятий: экспертные заключения, протоколы лабораторных исследований, отчёты о натурных обследованиях.

В процессе работы по сбору данных как по основному объекту, так и по аналогичным объектам выявляется полный перечень факторов, оказывающих то или иное воздействие на организацию и проведение контрольных мероприятий и на эксплуатационное качество навесных фасадных систем гражданских зданий.

Далее посредством статистической обработки результатов комплектуется выборка факторов, оказывающих существенное воздействие на организационно-технологические решения инструментального контроля. При этом для удобства факторы поделены на две группы, соответствующих одной из двух стадий реализации строительства гражданского здания: факторы, воздействующие на этапе проектно-изыскательских работ, и факторы, влияющие в период строительно-монтажных работ по отделке здания навесным фасадом.

Далее наступает время для разработки параметрической модели, когда для каждого определенного ранее фактора рассчитывается степень его значимости (синаптический вес). Степень влияния фактора на организацию контрольных процедур по установлению эксплуатационного качества конструкций навесного

фасада определяется методом экспертных оценок. При этом математическим аппаратом для определения степени значимости выявленных факторов была выбрана работа с помощью искусственной нейронной сети.

Итогом проведения эксперимента является анализ полученных результатов, а также формирование рекомендаций по их использованию: результатом математического расчёта является числовое значение, не имеющее размерности и являющееся комплексным показателем воздействия имеющихся факторов на организацию контрольных мероприятий инструментальными средствами для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада здания. Рассмотрение параметров значений комплексного показателя влияния факторов приведена в Главе 3 диссертационного исследования. В результате изучения факторов определены основы системного подхода организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов

Таким образом, в соответствии с последовательностью метода планирования эксперимента в ходе диссертационного исследования авторами были соблюдены все этапы метода проведения эксперимента: формулировка цели, задания эксперимента, определение условий его проведения, анализ входных и выходных данных, обозначение точности измерений результатов, методов их получения, планировка и проведение эксперимента. Для получения необходимых данных была исследована документация по объекту исследования и по выборке аналогичных объектов строительства, на основе которой были выявлены отклонения от проектных показателей, в по итогам работы с экспертами определены соответствующие зависимости воздействия факторов.

Проведение эксперимента заняло в целом 4 года. Результаты работы в виде выявленных факторов, оказывающих воздействие на организацию контроля качества навесных фасадов, размещены в параграфе 2.4.

2.2. Метод системного анализа в строительстве

Для качественной обработки результатов в данном исследовании был применён метод системного анализа. Указанный метод использовался при комплектовании воздействующих факторов, выявленных в процессе эксперимента [38]. Посредством метода системного анализа определены и структурированы факторы, оказывающие значительное воздействие при организации контрольных мероприятий посредством инструментальных средств для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада на этапах проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ. Метод поможет рассмотреть ситуацию в целом и при обнаружении «слабых мест» оптимизировать проведение инструментального контроля качества, обеспечивая таким образом системный подход к решению данных задач.

Метод системного анализа часто используется для решения подобных задач, требующих последовательного подхода к анализу больших статистических данных [3, 14]. Системный анализ коррелирует с достижениями в области системотехники и системотехнического проектирования, но практическое применение этого метода позволяет учитывать специфику реальной, практической задачи. Метод системного анализа позволяет последовательно и поэтапно работать с большим массивом данных, не упуская из виду детали. Кроме того, метод сочетает количественный и качественный анализ, что удобно при обработке нечисловых показателей [32; 99]. Этапы метода представлены на Рисунке 2.2.

Метод системного анализа позволяет выделить из многомерного процесса устройства системы навесного фасада комплекс значительно воздействующих факторов, осуществить их анализ, выявить отклонения от проектных характеристик, определить причинно-следственные связи процессов. Поэтапно осуществляемый анализ предотвращает потерю данных при переходе от общего уровня рассмотрения на более детальный уровень исследования отдельных параметров скомплектованных факторов [17, 19].

Как уже было сказано, принимая во внимание большой массив процессов в исследуемой области, было решено объединить факторы в группы, соответствующие двум основным этапам возведения здания с отделкой навесными фасадами: проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы.

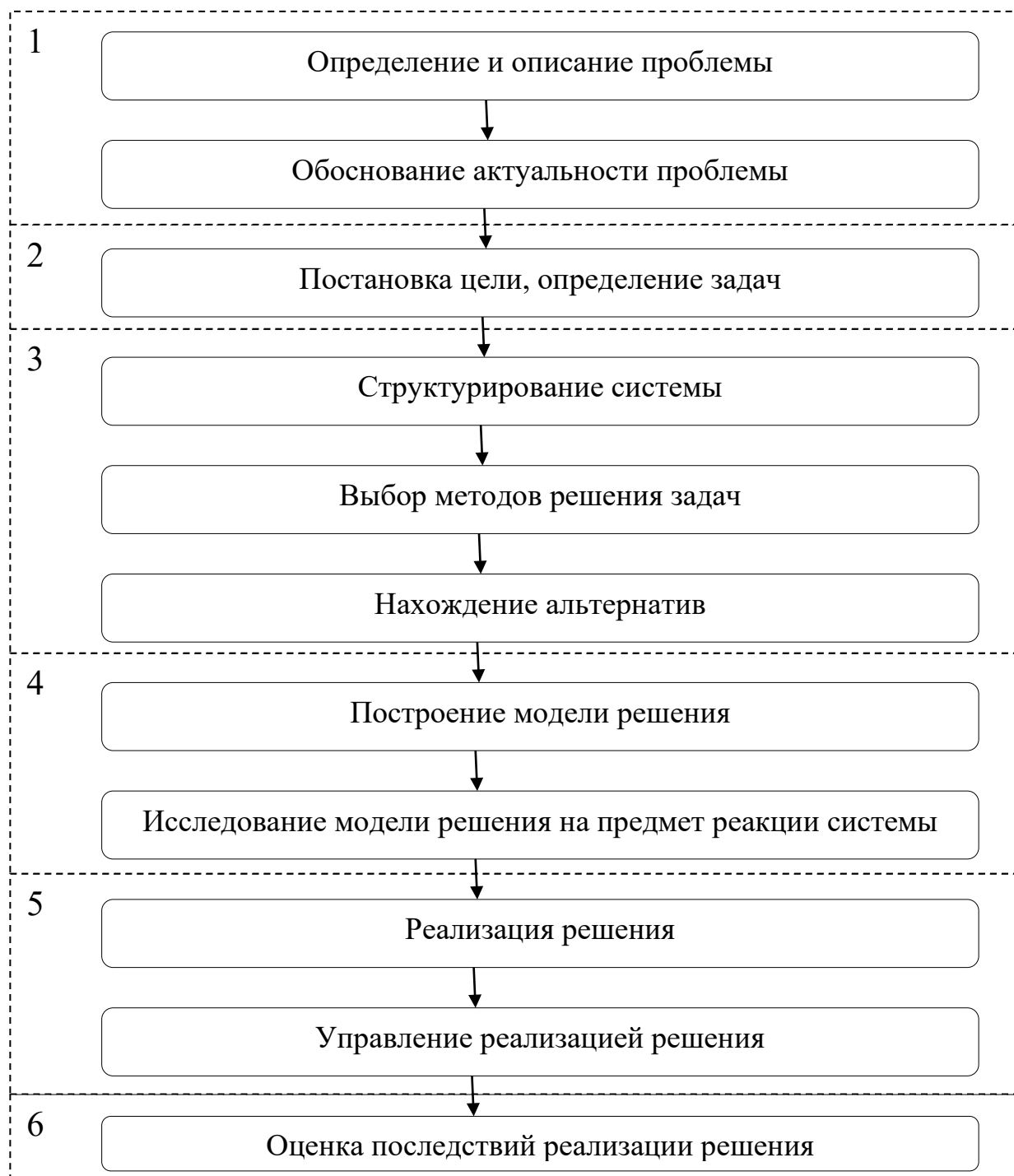


Рисунок 2.2 – Последовательность выполнения процедуры системного анализа

С помощью метода системного анализа были обработаны все полученные в ходе эксперимента данные: входные сведения о техническом состоянии систем навесного фасада здания и аналогичных строительных проектов, информацию на основе инженерных изысканий, проектной, рабочей и исполнительной документации на эти объекты, а также результаты лабораторных испытаний, протоколов натурных наблюдений, экспертных отчетов в процессе контрольных мероприятий.

Целью применения метода системного анализа стали поиск и комплектация полного набора факторов, оказывающих воздействие на организацию контрольных мероприятий посредством инструментальных средств по определению эксплуатационного качества конструкций навесного фасада зданий. Данный перечень влияющих факторов сгруппирован в соответствии с периодами проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ. Анализ включал разбиение основных производственных процессов на простые действия, что позволило автору исследовать возникновение каждого отклонения в конструкции навесного фасада.

2.3. Формирование влияющих факторов и их параметров

При формировании системного подхода в организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий автор исследования сосредоточился на определении комплексного показателя качества (КПК) организационно-технологических решений. Рассчитываемый комплексный показатель объединяет множество параметров факторов, оказывающих воздействие на организацию инструментального контроля качества навесных фасадов. Так как характеристики и контрольные оценки технического состояния навесных фасадов имеют качественный аспект, а порядок работ по монтажу конструкций и порядок контролирующих процедур – количественный аспект, требуется вывести однозначно понимаемые итоги

возможности совершенствования исследуемой области контроля и строительства. Как раз, отличительной особенностью упомянутой методики вычисления комплексного показателя качества является то, что комплексный показатель имеет числовое значение, позволяющее однозначно интерпретировать результаты оценки качества организации инструментального контроля.

Для проведения математического расчёта нужны исходные данные. Такими данными являются параметры комплексного показателя качества, влияющие на сокращение сроков проведения инструментального контроля. Автор исследования исходил из гипотезы, что выявление таких параметров и их дальнейший учёт при организации контроля эксплуатационного качества навесных фасадов поможет повысить эффективность контрольных процедур.

Для того чтобы определить параметры, отвечающие за сроки проведения контрольных процедур, сначала нужно установить все факторы, оказывающие воздействие на организацию посредством инструментальных средств контрольных процедур при определении эксплуатационного качества навесных фасадов объектов капитального строительства на основных стадиях жизненного цикла этих объектов [13, 52]. Таким образом, были намечены этапы работы.

Для начала на основе проведённых ранее научных исследований и действующей нормативной литературы по контролю качества навесных фасадов был выполнен анализ существующих методов и организационно-технологических решений процесса соответствующего контроля. Были выбраны решения для дальнейших шагов. Так, поиск значимых факторов был осуществлён автором с помощью метода планирования эксперимента. А далее, с помощью метода системного анализа, была проведена их структуризация. Результаты с выявленными факторами представлены в таблице 2.1. Методом экспертных оценок из набора факторов были выделены значимые, максимально влияющие на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада строительных объектов. Также методом экспертных оценок была определена степень влияния (синаптический вес) каждого из

факторов [67].

Таблица 2.1. Факторы, оказывающие влияния на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий

№ п/п	F _i	Фактор
1	2	3
1	Группа 1 – проектно-изыскательские работы	
1.1	F1	Качество исходно-разрешительной документации
1.2	F2	Качество инженерно-экологических изысканий
1.3	F3	Качество инженерно-геодезических изысканий
1.4	F4	Качество инженерно-геологических изысканий
1.5	F5	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
1.6	F6	Качество нормативно-технической базы
1.7	F7	Качество проектной документации
1.8	F8	Качество рабочей документации
1.9	F9	Месторасположение объекта
1.10	F10	Сложность архитектурных и конструктивных решений
1.11	F11	Геометрические характеристики объекта
1.12	F12	Сложность фасадной системы
1.13	F13	Применение двух и более фасадных систем
2	Группа 2 – строительно-монтажные работы	
2.1	F14	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля
2.2	F15	Квалификация исполнителей инструментального контроля
2.3	F16	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением
2.4	F17	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015
2.5	F18	Качество службы технического заказчика
2.6	F19	Качество ведения авторского надзора
2.7	F20	Качество ведения строительного контроля
2.8	F21	Качество научно-технического сопровождения строительства
2.9	F22	Качество исполнительной документации
2.10	F23	Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами
2.11	F24	Качество инженерно-бытовых условий объекта
2.12	F25	Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада
2.13	F26	Природно-климатические факторы
2.14	F27	Качество генподрядной организации
2.15	F28	Квалификация бригад и ИТР монтажников фасадной системы организации
2.16	F29	Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы

1	2	3
3		Группа 3 – эксплуатационный период
3.1	F30	Качество исполнительной документации
3.2	F31	Срок с момента завершения работ по устройству СНФ.

Определение степени значимости влияющих факторов производилось на основе присвоения показателей их параметрам. Поэтому факторы изначально были детерминированы на параметры.

В ходе вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений определялись его нормальные и граничные значения, то есть области неудовлетворительных и удовлетворительных значений. Данный расчёт осуществлялся с помощью алгоритма нейросети. По итогу полученных значений были сделаны выводы об эффективности или неэффективности организационно - технологических решений в части сокращения сроков проведения мероприятий инструментального контроля технического состояния навесных фасадов гражданских зданий.

Сформированная методика и полученные результаты были внедрены на объекте строительства гражданского назначения.

В данном параграфе обозначены влияющие факторы и наиболее значимые их параметры, выявленные по результатам исследования процесса организации инструментального контроля качества навесных фасадов гражданских зданий. Влияющие факторы и их параметры распределены по этапам проведения работ.

Выявленные наиболее весомые факторы и их параметры, влияющие в период проектно-изыскательских работ, представлены в таблице 2.2, факторы и их параметры, оказывающие воздействие на этапе строительно-монтажных работ представлены в таблице 2.3 и факторы и их параметры на этапе эксплуатации в таблице 2.4

Таблица 2.2 Параметры факторов влияния при организации инструментального контроля на этапе проектно-изыскательских работ

№ п/п	F _i	Фактор	p _j	Параметр
1	2	3	4	5
1	Группа 1 – проектно-изыскательские работы			
1.1	F1	Качество исходно-разрешительной документации	p1	Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ);
			p2	Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.
			p3	Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы
			p4	Наличие колористического паспорта фасада здания
			p5	Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта строительства
1.2	F2	Качество инженерно-экологических изысканий	p6	Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу
			p7	Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком
			p8	Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий
			p9	Уровень оснащённости оборудованием и инструментами
			p10	Срок давности выполнения изысканий
			p11	Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий
			p12	Наличие научно-технического сопровождения
1.3	F3	Качество инженерно-геодезических изысканий	p13	Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу
			p14	Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком
			p15	Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий
			p16	Уровень оснащённости оборудованием и инструментами
			p17	Срок давности выполнения изысканий
			p18	Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий
			p19	Наличие научно-технического сопровождения

1	2	3	4	5
1.4	F4	Качество инженерно-геологических изысканий	p20	Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу
			p21	Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком
			p22	Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий
			p23	Уровень оснащённости оборудованием и инструментами
			p24	Срок давности выполнения изысканий
			p25	Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий
			p26	Наличие научно-технического сопровождения
1.5	F5	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий	p27	Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу
			p28	Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком
			p29	Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий
			p30	Уровень оснащённости оборудованием и инструментами
			p31	Срок давности выполнения изысканий
			p32	Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий
			p33	Наличие научно-технического сопровождения
1.6	F6	Качество нормативно-технической базы	p34	Системность и согласованность всех уровней
			p35	Степень специализации в применении для устройства навесных фасадов
			p36	Степень проработки
			p37	Всесторонность охвата всех процессов при возведении строительного объекта
1.7	F7	Качество проектной документации	p38	Соответствие нормативным требованиям по разработке, оформлению и комплектности проектной документации
			p39	Уровень квалификации инженеров-проектировщиков
			p40	Уровень оснащённости оборудованием и программным обеспечением
			p41	Качество организационной структуры исполнителя проектной документации [14]
			p42	Срок давности выполнения проектной документации
			p43	Обоснованность принятых проектных решений
			p44	Достаточность и обоснованность результатов проектирования
			p45	Соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов

			p46	Применение технологий BIM (ТИМ) [15,16]
			p47	Наличие научно-технического сопровождения
			p48	Наличие субподрядных проектных организаций, специализирующихся на разработке рабочей документации по устройству навесных фасадных систем
			p49	Степень детализации рабочей документации
			p50	Степень соответствия рабочей документации проектной документации
1.8	F8	Качество рабочей документации	p51	Соответствие нормативным требованиям по разработке, оформлению и комплектности проектной документации
			p52	Уровень квалификации инженеров-проектировщиков
			p53	Уровень оснащённости оборудованием и программным обеспечением
			p54	Качество организационной структуры исполнителя проектной документации [14]
			p55	Срок давности выполнения проектной документации
			p56	Обоснованность принятых проектных решений
			p57	Достаточность и обоснованность результатов проектирования
			p58	Соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов
			p59	Применение технологий BIM (ТИМ) [15,16]
			p60	Наличие научно-технического сопровождения
			p61	Наличие субподрядных проектных организаций, специализирующихся на разработке рабочей документации по устройству навесных фасадных систем
			p62	Степень детализации рабочей документации
			p63	Степень соответствия рабочей документации проектной документации
1.9	F9	Месторасположение объекта	p64	Удалённость от городской инфраструктуры
			p65	Транспортная доступность
			p66	Удалённость от исполнителя инструментального контроля
1.10	F10	Сложность архитектурных и конструктивных решений	p67	Сложность конфигурации фасада здания в плане
			p68	Сложность конфигурации фасада здания по высоте
			p69	Наличие нелинейных плоскостей фасада здания
			p70	Наличие нелинейных по форме проёмов на фасаде здания
			p71	Наличие архитектурных деталей фасада
			p72	Наличие горизонтальных и наклонных плоскостей
			p73	Сложность колористического решения. Наличие тематического рисунка

1	2	3	4	5
1.11	F11	Геометрические характеристики объекта	p74	Высота здания
			p75	Размеры здания в плане
1.12	F12	Сложность фасадной системы	p76	Применение пространственного несущего каркаса (вертикально-горизонтального)
			p77	Применение дополнительных элементов каркаса при формировании сложных плоскостей и дополнительного выноса облицовки
			p78	Разноформатность элементов облицовки
1.13	F13	Применение двух и более фасадных систем	p79	Применение на здании нескольких типов облицовки
			p80	Применение на здании фасадной систем с разными толщинами теплоизоляционного слоя и с его отсутствием
			p81	Применение на здании фасадной системы с различной величиной откоса от несущего основания

Таблица 2.3. Параметры факторов влияния при организации инструментального контроля на этапе строительного-монтажных работ

2				
Группа 2 – строительного-монтажные работы				
1	2	3	4	5
2.1	F14	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля	p82	Геометрических характеристик
			p83	Прочностных характеристик
			p84	Теплотехнических характеристик
			p85	Характеристик защитных и декоративных покрытий
			p86	Фотофиксации проводимого контроля
2.2	F15	Квалификация исполнителей инструментального контроля	p87	Высшее техническое образование
			p88	Опыт в области обследования и проектирования гражданских зданий не менее 5 лет
			p89	Состояние в реестре НОПРИЗ
2.3	F16	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением	p90	Текстовых и графических материалов
			p91	Прочностных расчётов
			p92	Обработки результатов определения геометрических характеристик
			p93	Обработки результатов определения прочностных характеристик
			p94	Обработки результатов определения теплотехнических характеристик [17,18]
			p95	Обработки результатов фотофиксации проводимого контроля

1	2	3	4	5
2.4	F17	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015	p96	Система менеджмента качества внедрена / не внедрена
			p97	Периодичность подтверждения действия системы менеджмента качества
			p98	Обучение, повышение квалификации управляющего звена
2.5	F18	Качество службы технического заказчика	p99	Наличие в штате инженера производственно-технического отдела (ПТО)
			p100	Наличие в штате инженера-технолога, имеющего опыт работы при устройстве навесных фасадных систем
			p101	Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности
			p102	Высокая степень коммуникации и управления процессами полного комплекса строительного производства
2.6	F19	Качество ведения авторского надзора	p103	Ведение авторского надзора разработчиком рабочей документации
			p104	Своевременность проведения авторского надзора
			p105	Квалификация персонала
2.7	F20	Качество ведения строительного контроля	p106	Своевременность проведения входного, операционного и приемочного контроля
			p107	Квалификация персонала
			p108	Оснащённость инструментами и оборудованием контроля
2.8	F21	Качество научно-технического сопровождения строительства	p109	Опыт работы с аналогичными объектами строительства
			p110	Квалификация персонала
2.9	F22	Качество исполнительной документации	p111	Соответствие нормативным требованиям по формированию и оформлению
			p112	Своевременность оформления
			p113	Наличие актов скрытых работ
			p114	Наличие и качество исполнительных схем
			p115	Наличие сертификатов на применённые материалы
			p116	Наличие журналов работ
2.10	F23	Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами	p117	Обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительной оснасткой (леса, туры)
			p118	Обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительными подъёмниками (любками)
			p119	Обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительной автономными подъёмными механизмами (автовышки, мобильные платформы)

1	2	3	4	5
2.11	F24	Качество инженерно-бытовых условий объекта	p120	Обеспеченность электроснабжением
			p121	Обеспеченность средствами связи
			p122	Обеспеченность средствами копирования и печати
			p123	Обеспеченность местами хранения документации, оборудования и инструмента
2.12	F25	Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада	p124	Качество транспортировки и хранения
			p125	Своевременность поставки на строительный объект
			p126	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации
2.13	F26	Природно-климатические факторы	p127	Возможность проведения работ в экстремальных температурных условиях
			p128	Обеспеченность средствами защиты от осадков при проведении инструментального контроля
			p129	Возможность проведения круглосуточных работ
2.14	F27	Качество генподрядной организации	p130	Опыт работы с аналогичными объектами строительства
			p131	Квалификация персонала
			p132	Качество организационной структуры генподрядной организации
			p133	Наличие внутренней службы контроля качества
2.15	F28	Квалификация бригад и ИТР монтажников фасадной системы организации	p134	Образование по рабочей специальности
			p135	Опыт в области монтажа фасадных систем не менее 3 лет
			p136	Периодичность подтверждения, повышения рабочей квалификации
2.16	F29	Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	p137	Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы
			p138	Своевременное выполнение работ
			p139	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации
			p140	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества

Таблица 2.4. Параметры факторов влияния при организации инструментального контроля на этапе эксплуатации объекта

3				
Группа 3 – эксплуатационный период				
3.1	F30	Качество исполнительной	p141	Состав исполнительной документации достаточный для проведения контроля

		документации	p142	Наличие исполнительной документации в электронном виде
			p143	Степень детализации исполнительной документации
3.2	F31	Срок с момента завершения работ по устройству СНФ.	p144	Срок эксплуатации без текущего и капитального ремонта
			p145	Срок эксплуатации до 3 лет
			p146	Срок эксплуатации включает инструментальный контроль

По результатам изучения и анализа параметров факторов, воздействующих на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий, можно сделать выводы, что этап проектно-исследовательских работ является основным при планировании контроля эксплуатационного качества, а для организации контроля эксплуатационного качества – является в большей степени предметом для прогноза. Влияющие факторы на стадии строительно-монтажных работ обладают наибольшим количеством параметров и являются основными при организации инструментального контроля эксплуатационного качества.

Определение комплексного показателя качества организации инструментального контроля систем навесного фасада гражданских зданий является эффективным инструментом, наиболее полно учитывающим имеющиеся факторы и их влияние на процесс организации инструментального контроля [9]. Результаты исследования и анализа влияющих факторов и их параметров позволяют показать наиболее весомые причины, влияющие на процесс организации инструментального контроля качества навесных фасадов.

Если определить зависимость продолжительности проведения контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий с помощью инструментальных средств от значения КПК использованных организационно-технологических решений, то можно получить возможность повысить эффективность организации данного инструментального контроля в части сокращения сроков его проведения.

2.4. Метод экспертных оценок

Исходя из термина, «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» [10, 90]. Таким образом, метод экспертных оценок помогает сделать выбор при принятии тех или иных решений или более взвешенно оценивать информацию в условиях, когда объективных данных для получения однозначных результатов недостаточно. Выбор производится на основе рейтинга оценок неких факторов, сделанных рядом экспертов.

Накопленные практические знания отдельно взятого специалиста в своей профессиональной области позволяют ему принимать, как аргументированные и продуманные решения, так и интуитивные - следующие из обширного багажа опыта и не требующие продолжительной аналитической работы. Одной из многомерных областей деятельности человека является строительство, именно в этой отрасли профессионализм человека оценивается по его многолетнему опыту работы и практике реализации различных проектов. Такие специалисты с опытом и высоким уровнем квалификации могут привлекаться для получения экспертного мнения в рамках проведения метода экспертных оценок.

В то же время необходимо учитывать, что результаты, полученные на основе субъективного мнения людей, также могут вызывать сомнения. Поэтому в настоящее время разработаны методики выбора конкретных специалистов на роль экспертов в опросе, определения их минимально необходимого количества, последовательности реализации опроса, а также обработки информации и интерпретации полученных результатов – всё для того, чтобы увеличить достоверность получаемых результатов в рамках проведения данного метода. Обоснованная таким образом возможность получения достоверных данных позволяет применить индивидуальный экспертный опрос в научной работе.

В современной практике научных исследований наиболее часто применяют следующие виды этого метода:

1. Метод парных сравнений.
2. Метод гирлянд и ассоциаций.
3. Метод векторов предпочтений.
4. Метод фокальных объектов.
5. Метод средней точки.
6. Метод Черчмена-Акоффа.
7. Индивидуальный экспертный опрос.

Процесс организации контрольных мероприятий с помощью инструментальных средств для определения эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий не является линейным, так как не всегда можно построить однозначные математические зависимости в организационной структуре и требуется учёт множества факторов. Вследствие этого и было решено использовать метод экспертных оценок в виде индивидуального экспертного опроса. Он наиболее подходит для обоснованного учёта факторов, ранее выявленных в диссертационном исследовании, и определения степени их воздействия на качество проведения контрольных мероприятий [11; 12]. Алгоритм проведения этого метода в целях выявления степени воздействия факторов и параметров на область исследования представлен на Рисунке 2.3.

Так как цели исследования были определены, выбрана форма исследования, разработаны анкеты, то важным этапом стало формирование полноценной группы экспертов.

Во-первых, при формировании экспертной группы необходимо было следовать следующим критериям при отборе специалистов, которые должны иметь:

1. Высшее техническое образование;
2. Опыт в области проектирования гражданских зданий не менее 5 лет;
3. Опыт в области строительства гражданских зданий не менее 5 лет;
4. Нахождение в реестре НОПРИЗ;
5. Нахождение в реестре НОСТРОЙ.

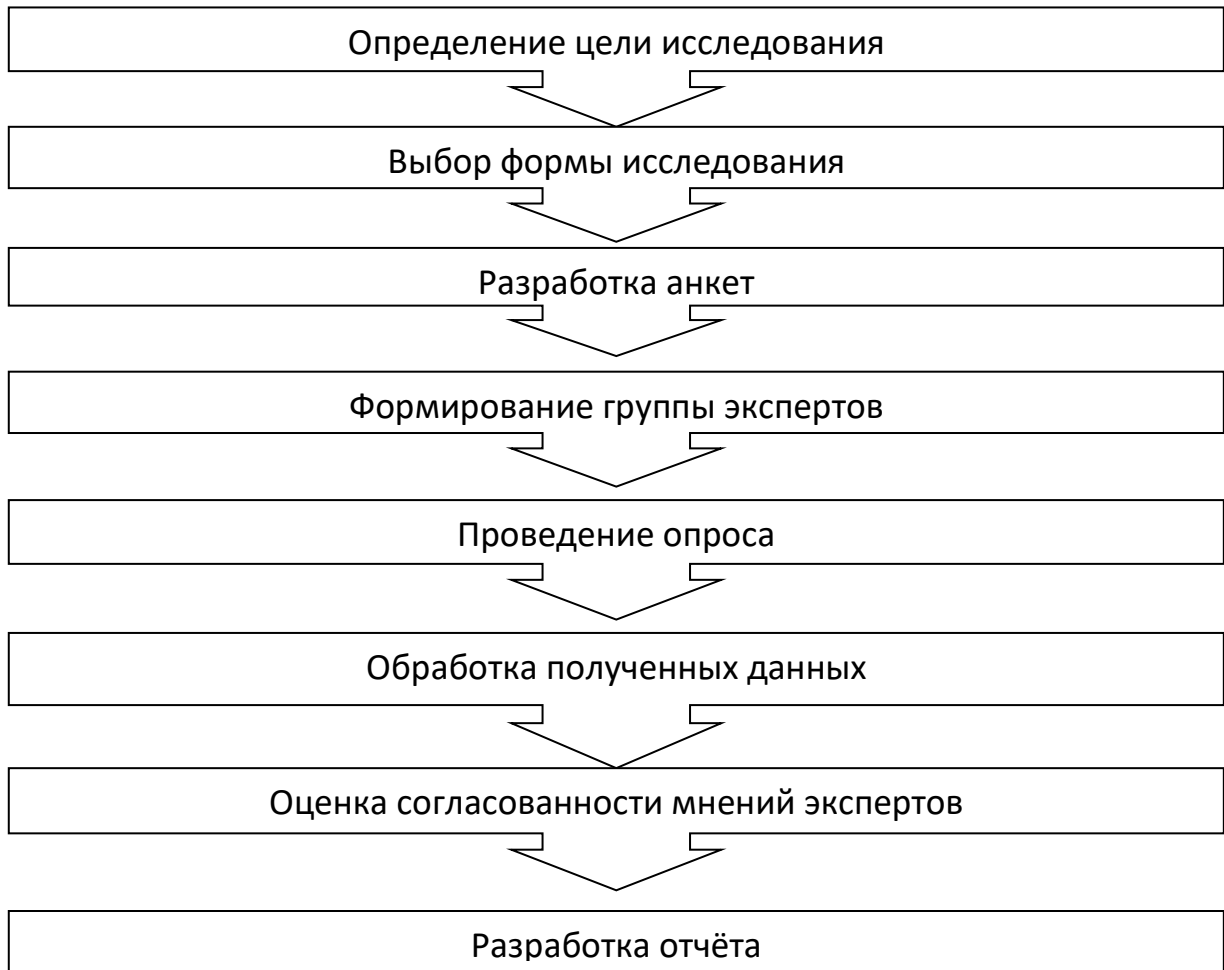


Рисунок 2.3 – Порядок проведения метода экспертных оценок

Во-вторых, следовало вычислить оптимальное число опрашиваемых специалистов для получения достоверных результатов. Тогда был произведён расчёт минимально необходимого числа экспертов (m) при известном количестве ранжируемых факторов (n) с использованием неравенства, благодаря которому можно учесть согласованность мнений экспертов коэффициентом конкордации Кендалла (W):

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

Минимальное значение коэффициента конкордации принимается равным 0,5. Используя табличные значения критерия Пирсона χ_T^2 , подставляем значения n , получим числовое значения неравенства:

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

Таким образом, для обоснованного ранжирования, например, 10 исследуемых факторов необходимо мнение минимум 5 участников опроса (Таблица 2.3) [44].

Таблица 2.3 – Оптимальное число экспертов в зависимости от количества ранжируемых факторов

Количество ранжируемых факторов	2	3	4	5–6	7–9	10–16	17–31
Минимально необходимое количество экспертов	14	10	8	7	6	5	4

Экспертам необходимо проанализировать и оценить степень влияния 13 факторов на проектно-изыскательском этапе и 16 факторов на строительном-монтажном этапе. Было принято решение привлечь для проведения индивидуального опроса 8 экспертов, что, конечно, больше расчётного, но такой запас позволяет нивелировать большие отклонения между экспертными мнениями, но и дополнительно привлекать большее число экспертов точно не требуется, что подтвердилось в итоге получением наглядных результатов.

Следующим шагом стало непосредственно проведение опроса. Для этого каждый эксперт получил разработанную автором анкету с вопросами о соответствии кандидата критериям отбора; о полноте перечня исследуемых факторов с возможностью добавления факторов; с просьбой о ранжировании выявленных факторов с определением степени их влияния (значения от 0,0 до 1,0) на организацию контрольных процедур с применением инструментальных средств для определения эксплуатационного качества навесного фасада здания. В конце обработки анкет результаты были представлены в виде заполненных бланков,

приведённых в Приложении Б.

Необходимой проверкой достоверности полученных результатов стал расчёт коэффициента конкордации, который составил 0.87 в вопросе полноты перечня факторов и 0.72 в вопросе их синаптических весов. Это показатели высокой степени согласованности мнений экспертов. Данный показатель говорит о том, что полученные результаты могут быть использованы в ходе дальнейшей работы в рамках исследования.

Результаты ранжирования экспертами факторов, оказывающих воздействие на организацию контрольных мероприятий с помощью инструментальных средств для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада гражданских зданий, представлены в таблице 2.5.

Благодаря мнению экспертов, выявленному в процессе индивидуального опроса, определили наиболее важные из факторов. Из первой группы факторов, оказывающих воздействие на организацию контрольных мероприятий с помощью инструментальных средств для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада в период проектно-изыскательских работ, наибольшую значимость эксперты присвоили фактору качества рабочей документации со значением 0,6.

Таблица 2.5 – Факторы, оказывающие воздействие на организацию контрольных мероприятий с помощью инструментальных средств для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада и их синаптический вес (степень их влияния)

№ п/п	F _i	Фактор	Синаптический вес (степень влияния)
			<i>W_{k j}</i>
1	2	3	4
1	Группа 1 – проектно-изыскательские работы		
1.1	F1	Качество исходно-разрешительной документации	0,3
1.2	F2	Качество инженерно-экологических изысканий	0,1
1.3	F3	Качество инженерно-геодезических изысканий	0,3

1	2	3	4
1.4	F4	Качество инженерно-геологических изысканий	0,1
1.5	F5	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий	0,1
1.6	F6	Качество нормативно-технической базы	0,3
1.7	F7	Качество проектной документации	0,5
1.8	F8	Качество рабочей документации	0,6
1.9	F9	Месторасположение объекта	0,4
1.10	F10	Сложность архитектурных и конструктивных решений	0,4
1.11	F11	Геометрические характеристики объекта	0,4
1.12	F12	Сложность фасадной системы	0,5
1.13	F13	Применение двух и более фасадных систем	0,6
2	Группа 2 – строительно-монтажные работы		
2.1	F14	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля	0,9
2.2	F15	Квалификация исполнителей инструментального контроля	0,8
2.3	F16	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением	0,7
2.4	F17	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015	0,5
2.5	F18	Качество службы технического заказчика	0,3
2.6	F19	Качество ведения авторского надзора	0,3
2.7	F20	Качество ведения строительного контроля	0,6
2.8	F21	Качество научно-технического сопровождения строительства	0,3
2.9	F22	Качество исполнительной документации	0,7
2.10	F23	Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами	0,6
2.11	F24	Качество инженерно-бытовых условий объекта	0,2
2.12	F25	Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада	0,4
2.13	F26	Природно-климатические факторы	0,3
2.14	F27	Качество генподрядной организации	0,3
2.15	F28	Квалификация бригад и ИТР монтажников фасадной системы организации	0,5
2.16	F29	Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	0,2
3	Группа 3 – эксплуатационный период		
3.1	F30	Качество исполнительной документации	0,6
3.2	F31	Срок с момента завершения работ по устройству СНФ.	0,4

Во второй группе, объединяющей факторы, что оказывают влияние на организацию контрольных мероприятий с помощью инструментальных средств для определения эксплуатационного качества конструкций навесного фасада в период строительно-монтажных работ, высокие значения степени воздействия получили несколько факторов: со значением 0,6 два фактора – оснащённость

объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами и качество ведения строительного контроля, со значением 0,7 также два фактора – качество исполнительной документации и оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением, значение 0,8 получил фактор квалификации исполнителей инструментального контроля и максимальное значение 0,9 получил фактор оснащённости исполнителя инструментами и оборудованием контроля.

Эти результаты, полученные в ходе индивидуального экспертного опроса, можно использовать в математической модели расчёта оценки влияния исследуемых факторов на организацию контрольных мероприятий для определения эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Описание выбранной математической модели представлено в разделе 2.5 главы 2 диссертационного исследования.

2.5. Математическая модель на основе искусственной нейронной сети для расчета влияния факторов на процесс организации инструментального контроля качества

Применительно к целям диссертационного исследования, образующие сеть нейроны олицетворяют факторы с детерминированными параметрами. На первом этапе рассчитываются единичные показатели качества каждого фактора. На втором этапе производится проверка условия активации нейрона – возможности дальнейшего учёта фактора в расчёте либо его исключение. На третьем этапе выполняется обобщение действия активированных нейронов – суммирование единичных показателей в единый показатель – значение комплексного показателя качества (КПК) организационно-технологических решений (ОТР) проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. После обучения искусственной нейронной сети (ИНС) возможно определить оптимальный диапазон значений КПК для нормирования показателей факторов и их параметров, влияющих на выполнение контрольных

процедур.

Данный метод математического моделирования на основе ИНС представляется наиболее подходящим с точки зрения необходимости обработки огромного массива информации и перевода качественных характеристик факторов, влияющих на выполнение контроля устройства навесных фасадов, в количественные значения [15, 83]. Адаптировав программу под задачи исследования, проведя обучение ИНС на ряде примеров строящихся и завершённых строительством гражданских зданий с навесными фасадами, сможем рассчитать КПК организационно-технологических решений выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов.

Корректируя входные данные в соответствии с естественным ходом строительства и меняющимися значениями параметров, получим возможность в тот или иной период строительства объекта с навесными фасадами в динамике определять значения комплексного показателя качества. Благодаря адаптации ИНС происходит многофакторный анализ больших данных, что позволяет говорить о высокой степени достоверности получаемых результатов [131].

Далее, с учётом сформированных факторов и их параметров, будет разработана параметрическая модель расчёта КПК ОТР при выполнении инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания.

Выводы по Главе 2

1. Рассмотрены методы научного исследования, позволяющие доказательно сформировать основы системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. С целью формирования последовательности проведения опыта был применен метод планирования эксперимента. Для систематизации полученных данных был применён метод системного анализа.

2. Дано определение системного подхода организации

инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. Описаны наиболее важные составляющие показателя качества организации отдельных процессов инструментального контроля. По результатам исследования предложен полный набор факторов, оказывающих воздействие на организацию инструментального контроля. Выявленные факторы изучены с целью получения измеряемых показателей – параметров и определения их значений. Изученные факторы были проранжированы по степени важности. Для определения факторов, оказывающих воздействие на организацию контроля на любом этапе устройства навесных фасадов, использован метод экспертных оценок в виде индивидуального опроса экспертов.

3. Предложено использовать для вычисления комплексного показателя качества проведения контроля устройства навесных фасадов гражданских зданий математический аппарат на основе искусственной нейросети.

Глава 3

Построение параметрической модели расчета влияния факторов на процесс организации инструментального контроля

В данной главе представлено построение математической модели на основе искусственной нейросети для целей диссертационного исследования, а именно для выработки системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий.

Подробно описываются этапы по формированию системы в рамках метода с учётом подготовленной информации – выявленных воздействующих факторов и их параметров, а также значений параметров, которые были определены благодаря оценкам экспертов в ходе индивидуального опроса.

Представлено описание обучения нейросети на выборке статистических данных, взятых с аналогичных строений, фасады которых были выполнены по технологии навесных систем и обследование качества которых выполнялось с помощью инструментального контроля. По итогам обработки выбранных сведений с аналогичных зданий рассчитывается КПК ОТР инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов. Методом подбора оптимальных чисел определяется диапазон значений комплексного показателя качества. При этом выявляются интервалы значений, которые указывают на удовлетворительные и неудовлетворительные результаты расчёта КПК выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадных конструкций.

В главе приводится формирование методики повышения КПК ОТР выполнения контроля на основе рекомендаций по оптимизации контрольных мероприятий и процедур.

3.1. Данные для параметрической модели

В рамках настоящего диссертационного исследования на основе

программы ЭВМ была построена параметрическая модель для выработки системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий на основе КПК организационно-технологических решений. Автоматизированная обработка данных наряду с получением результатов даёт возможность не только оценить целесообразность комплекса контрольных мероприятий, но и предложить решения для их оптимизации, а значит, способы повысить эффективность организации инструментального контроля возведения навесных фасадных конструкций [79].

Построение параметрической модели начинается с заведения в программу данных – факторов и параметров, выявленных на предыдущих этапах исследования. Структура модели выглядит как ряд взаимосвязанных друг с другом слоёв нейронов – факторов, содержащих индивидуальные параметры. Совокупность взаимодействующих факторов – каждый со своим набором параметров – влияет в конечном счёте на получение итогового показателя качества ОТР выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Структура нейросети в параметрической модели

В зависимости от этапа возведения строительного объекта, в зависимости от времени проведения расчёта значимость того или иного фактора то увеличивается, то уменьшается, это значит, что полученные результаты могут быть разными, а логика программы подскажет, какие параметры необходимо

«подтянуть»), а какие можно уже не контролировать, так как их влияние уже уменьшилось. Так же, по основным этапам строительства, были разделены факторы, воздействующие на качество проведения инструментального контроля.

К группе факторов, оказывающих максимальное воздействие в период проектно-изыскательских работ, были отнесены следующие.

1. Качество исходно-разрешительной документации
2. Качество инженерно-экологических изысканий
3. Качество инженерно-геодезических изысканий
4. Качество инженерно-геологических изысканий
5. Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
6. Качество нормативно-технической базы
7. Качество проектной документации
8. Качество рабочей документации
9. Месторасположение объекта
10. Сложность архитектурных и конструктивных решений
11. Геометрические характеристики объекта
12. Сложность фасадной системы
13. Применение двух и более фасадных систем

К группе факторов, оказывающих максимальное воздействие на этапе строительно-монтажных работ, были отнесены такие факторы.

1. Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля
2. Квалификация исполнителей инструментального контроля
3. Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением
4. Применение исполнителем инструментального контроля Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015
5. Качество службы технического заказчика
6. Качество ведения авторского надзора
7. Качество ведения строительного контроля
8. Качество научно-технического сопровождения строительства

9. Качество исполнительной документации
10. Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами
11. Качество инженерно-бытовых условий объекта
12. Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада
13. Природно-климатические факторы
14. Качество генподрядной организации
15. Квалификация бригад и ИТР монтажников навесной фасадной системы организации
16. Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы

Также в параметрическую модель заводятся параметры с присвоением соответствующих обозначений.

Перечень параметров факторов, оказывающих воздействие в период проектно-изыскательских работ, и обозначение их в структуре модели:

- 1.1. Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)
- 1.2. Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.
- 1.3. Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы
- 1.4. Наличие колористического паспорта фасада здания
- 1.5. Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта строительства
 - 2.1. Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу
 - 2.2. Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком
 - 2.3. Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий
 - 2.4. Уровень оснащённости оборудованием и инструментами
 - 2.5. Срок давности выполнения изысканий

- 2.6. Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий
- 2.7. Наличие научно-технического сопровождения
- 6.1. Системность и согласованность всех уровней
- 6.2. Степень специализации в применении для устройства навесных фасадов
- 6.3. Степень проработки
- 6.4. Всесторонность охвата всех процессов при возведении строительного объекта
- 7.1. Соответствие нормативным требованиям по разработке, оформлению и комплектности проектной документации
- 7.2. Уровень квалификации инженеров-проектировщиков
- 7.3. Уровень оснащённости оборудованием и программным обеспечением
- 7.4. Качество организационной структуры исполнителя проектной документации
- 7.5. Срок давности выполнения проектной документации
- 7.6. Обоснованность принятых проектных решений
- 7.7. Достаточность и обоснованность результатов проектирования
- 7.8. Соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов [6]
- 7.9. Применение технологий BIM (ТИМ)
- 7.10. Наличие научно-технического сопровождения
- 7.11. Наличие субподрядных проектных организаций, специализирующихся на разработке рабочей документации по устройству навесных фасадных систем
- 7.12. Степень детализации рабочей документации
- 7.13. Степень соответствия рабочей документации проектной документации
- 9.1. Удалённость от городской инфраструктуры
- 9.2. Транспортная доступность
- 9.3. Удалённость от исполнителя инструментального контроля

- 10.1. Сложность конфигурации фасада здания в плане
- 10.2. Сложность конфигурации фасада здания по высоте
- 10.3. Наличие нелинейных плоскостей фасада здания
- 10.4. Наличие нелинейных по форме проёмов на фасаде здания
- 10.5. Наличие архитектурных деталей фасада
- 10.6. Наличие горизонтальных и наклонных плоскостей
- 10.7. Сложность колористического решения. Наличие тематического рисунка

11.1. Высота здания

11.2. Размеры здания в плане

12.1. Применение пространственного несущего каркаса (вертикально-горизонтального)

12.2. Применение дополнительных элементов каркаса при формировании сложных плоскостей и дополнительного выноса облицовки

12.3. Разноформатность элементов облицовки

13.1. Применение на здании нескольких типов облицовки

13.2. Применение на здании фасадной систем с разными толщинами теплоизоляционного слоя и с его отсутствием

13.3. Применение на здании фасадной системы с различной величиной откоса от несущего основания

Приведем параметры факторов, оказывающих воздействие на этапе строительно-монтажных работ, и обозначение их в структуре модели:

1.1. Наличие инструментов и оборудования по определению геометрических характеристик

1.2. Наличие инструментов и оборудования по определению прочностных характеристик

1.3. Наличие инструментов и оборудования по определению теплотехнических характеристик

1.4. Наличие инструментов и оборудования по определению характеристик защитных и декоративных покрытий

1.5. Наличие инструментов и оборудования по определению фотофиксации проводимого контроля

2.1. Высшее техническое образование

2.2. Опыт в области обследования и проектирования гражданских зданий не менее 5 лет

2.3. Состояние в реестре НОПРИЗ

3.1. Наличие программного обеспечения по выполнению текстовых и графических материалов

3.2. Наличие программного обеспечения по выполнению прочностных расчётов

3.3. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения геометрических характеристик

3.4. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения прочностных характеристик

3.5. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения теплотехнических характеристик

3.6. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов фотофиксации проводимого контроля

4.1. Система менеджмента качества внедрена / не внедрена

4.2. Периодичность подтверждения действия системы менеджмента качества

4.3. Обучение, повышение квалификации управляющего звена

5.1. Наличие в штате инженера производственно-технического отдела (ПТО)

5.2. Наличие в штате инженера-технолога, имеющего опыт работы при устройстве навесных фасадных систем

5.3. Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности

5.4. Высокая степень коммуникации и управления процессами полного комплекса строительного производства

6.1. Ведение авторского надзора разработчиком рабочей документации

- 6.2. Своевременность проведения авторского надзора
- 6.3. Квалификация персонала
- 7.1. Своевременность проведения входного, операционного и приемочного контроля
- 7.2. Квалификация персонала
- 7.3. Оснащённость инструментами и оборудованием контроля
- 8.1. Опыт работы с аналогичными объектами строительства
- 8.2. Квалификация персонала
- 9.1. Соответствие нормативным требованиям по формированию и оформлению
- 9.2. Своевременность оформления
- 9.3. Наличие актов скрытых работ
- 9.4. Наличие и качество исполнительных схем
- 9.5. Наличие сертификатов на применённые материалы
- 9.6. Наличие журналов работ
- 10.1. Обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительной оснасткой и автономными подъемными механизмами
- 11.1. Обеспеченность электроснабжением
- 11.2. Обеспеченность средствами связи
- 11.3. Обеспеченность средствами копирования и печати
- 11.4. Обеспеченность местами хранения документации, оборудования и инструмента
- 12.1. Качество транспортировки и хранения
- 12.2. Своевременность поставки на строительный объект
- 12.3. Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации
- 13.1. Возможность проведения работ в экстремальных температурных условиях
- 13.2. Обеспеченность средствами защиты от осадков при проведении инструментального контроля

- 13.3. Возможность проведения круглосуточных работ
- 14.1. Опыт работы с аналогичными объектами строительства
- 14.2. Квалификация персонала
- 14.3. Качество организационной структуры генподрядной организации
- 14.4. Наличие внутренней службы контроля качества
- 15.1. Образование по рабочей специальности
- 15.2. Опыт в области монтажа фасадных систем не менее 3 лет
- 15.3. Периодичность подтверждения, повышения рабочей квалификации
- 16.1. Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы
- 16.2. Своевременное выполнение работ
- 16.3. Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации
- 16.4. Наличие сотрудника внутреннего контроля качества

Более сложные факторы определяются большим количеством параметров, менее сложные – меньшим количеством параметров. К примеру, такой простой фактор, как оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами предполагает лишь обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительной оснасткой и автономными подъёмными механизмами, в этом и заключается единственный параметр данного фактора. Или фактор геометрических характеристик объекта – он детерминирован всего на два параметра – высоты здания и размеров здания в плане (Рисунок 3.2).

Теперь возьмём фактор с более сложной структурой – например, сложность архитектурных и конструктивных решений – этот фактор определяется уже семью параметрами: сложность конфигурации фасада здания в плане, сложность конфигурации фасада здания по высоте, наличие нелинейных плоскостей фасада здания, наличие нелинейных по форме проёмов на фасаде здания, наличие архитектурных деталей фасада, наличие горизонтальных и наклонных плоскостей, сложность колористического решения и наличие тематического рисунка (Рисунок 3.3).

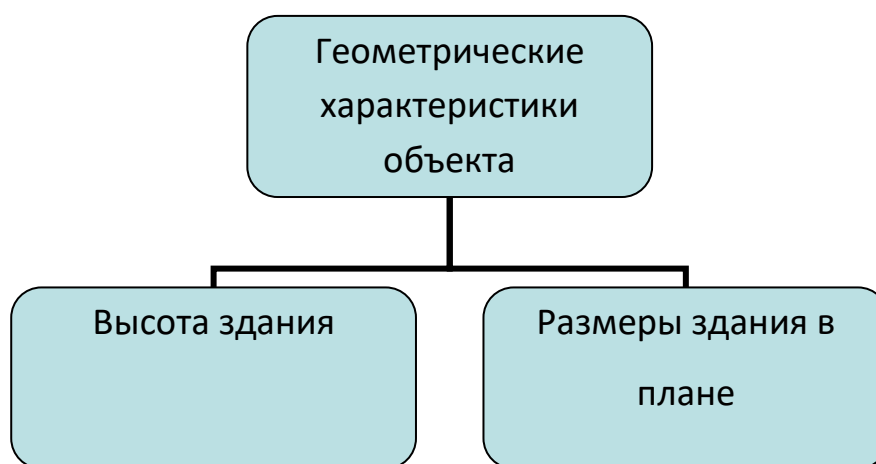


Рисунок 3.2 – Пример фактора с двумя параметрами

Максимальное число параметров в структуре фактора доходит до 13 – это свойственно факторам качества документации.

В ходе исследования методом экспертных оценок были установлены и значения степени влияния каждого фактора, которые были занесены в структуру модели как синаптические веса.

При запуске работы модели по конкретному объекту строительства, а также при обучении модели на примере других объектов – гражданских зданий с навесными фасадными системами – в программу заносится основная информация о таких объектах.

1. Название исследуемого проекта.
2. Адрес объекта.
3. Функциональное назначение здания с навесными фасадами.
4. Этап строительства здания.
5. Технико-экономические характеристики здания.
6. Качественные характеристики исходно-разрешительной, проектной, рабочей и исполнительной (при наличии) документации.
7. Участники строительного проекта.
8. Количественные и качественные характеристики участников строительного производства.
9. Описание фактического состояния конструктивных элементов навесных фасадных систем (при наличии).

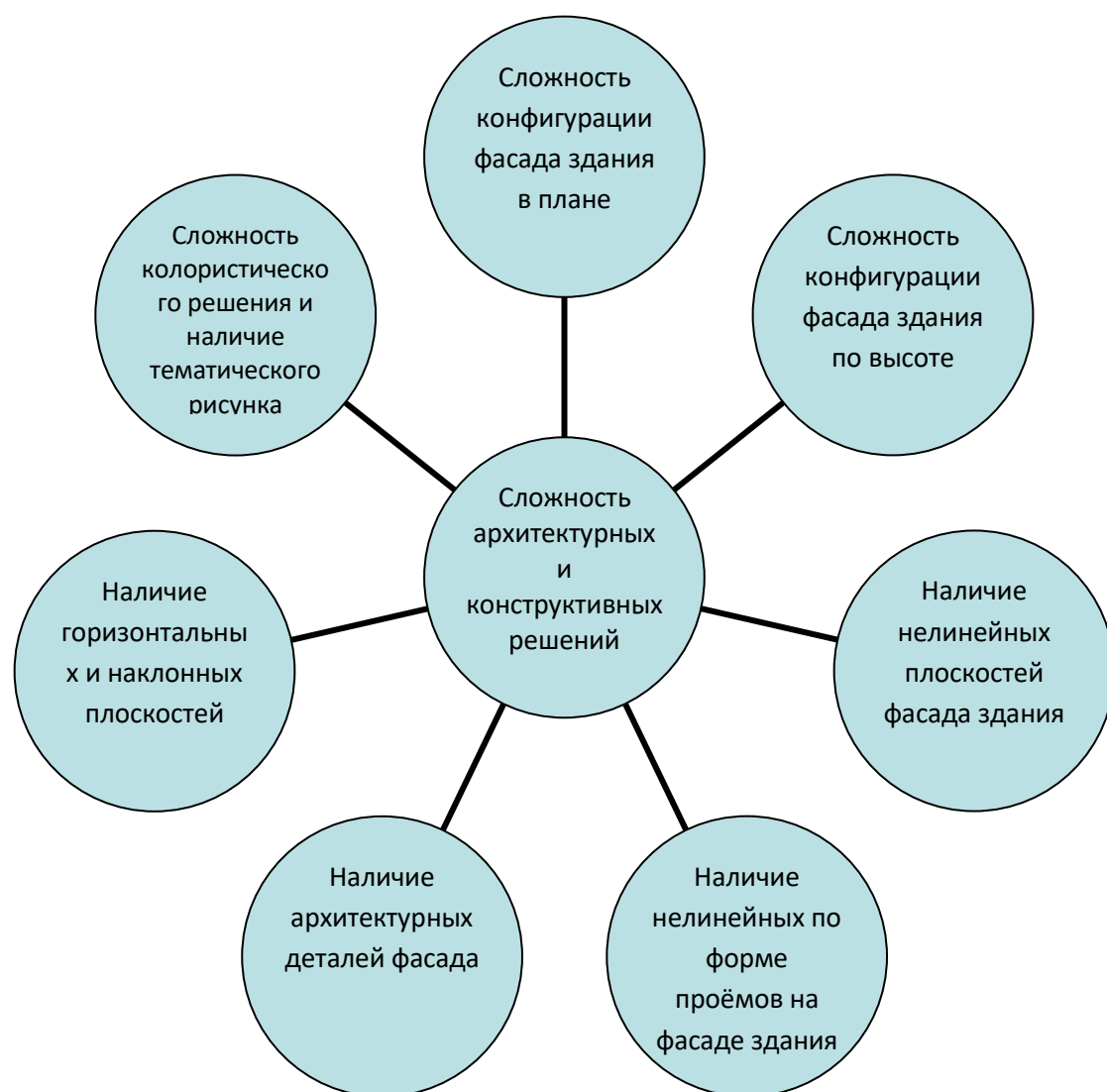


Рисунок 3.3 – Пример фактора с семью параметрами

Таким образом, весь процесс вычисления КПК ОТР инструментального контроля устройства навесного фасада с помощью нейросети начинается с адаптации параметрической модели к конкретным условиям исследуемого объекта строительства. Имеет значение, в какой момент, на какой стадии строительства находится объект с отделкой фасада навесными системами, так как расчетная модель при этом адаптируется: факторы будут иметь разную степень влияния в тот или иной период строительства, а получаемые данные из исходно-разрешительной, проектной, рабочей, исполнительной документации по объекту сравниваются и соотносятся с реализацией, при этом важна и степень

готовности гражданского здания.

Отметим, что занесение данных и программные исчисления можно производить до этапа возведения конструкций навесного фасада, учитывая информацию об участниках строительства и прогнозируемые значения параметров. В этом случае рассчитанный показатель качества организации контроля будет также прогностической величиной, но всё-таки ориентирует на возможные «проблемные места» в организации инструментального контроля устройства навесного фасада.

Когда все основные данные внесены в программу, начинается вычислительная работа модели.

3.2. Работа параметрической модели

Итак, иерархическая структура параметрической модели построена – её архитектура представляет собой ряд взаимосвязанных факторов с рядом соответствующих им параметров. Далее происходит работа с назначением и фиксированием значений параметров и факторов. Необходимо по каждому из параметров установить значение, соответствующее роли параметра в итоговом показателе качества на момент проведения расчёта (Рисунок 3.4).

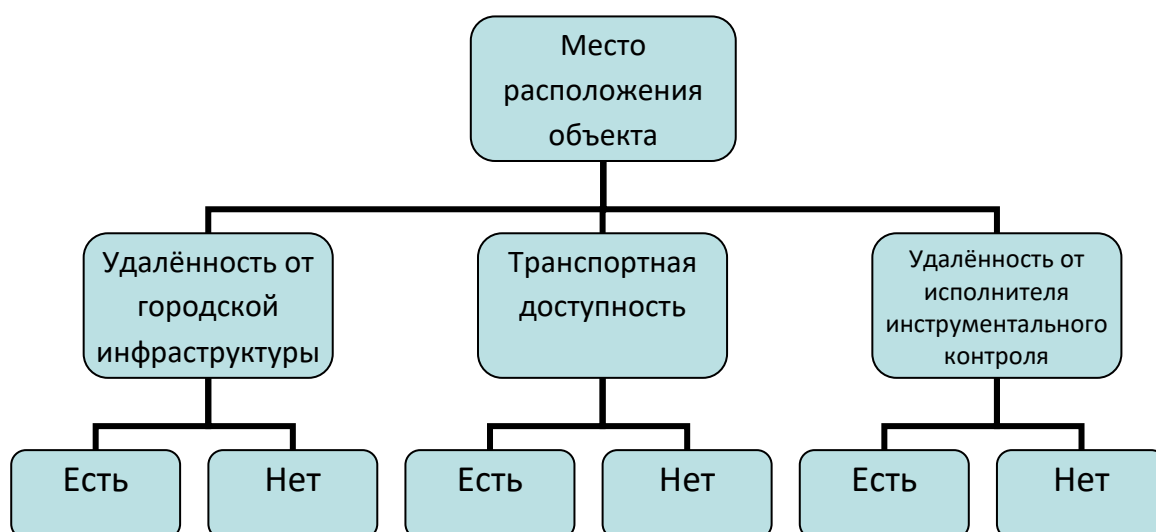


Рисунок 3.4 – Определение роли параметров влияющего фактора

Наличие параметра в условиях строительства исследуемого здания с навесными фасадами и контрольных процедур на этом объекте соответствует значению «1», отсутствие параметра соответствует значению «0». Присвоение значений по каждому из параметров осуществляет оператор. Эти переменные значения являются входными сигналами нейронов (Рисунок 3.5).

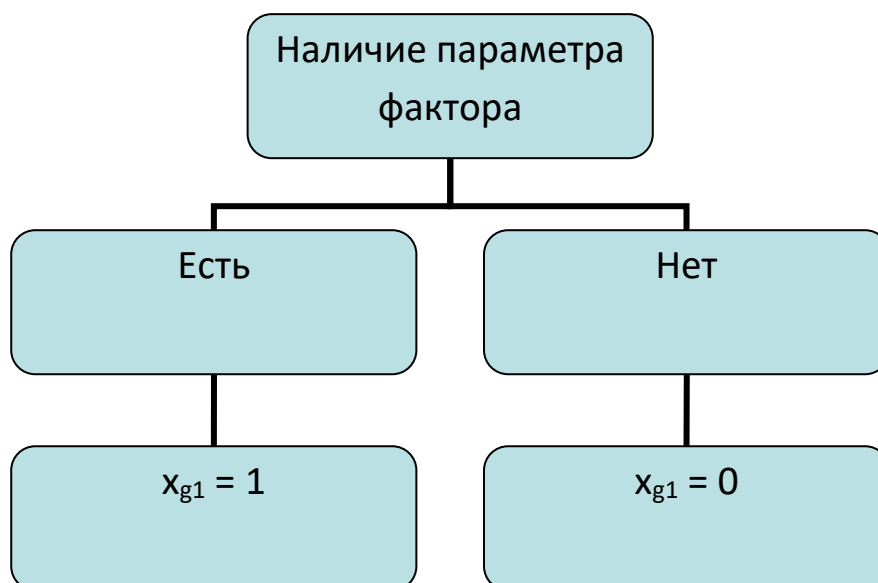


Рисунок 3.5 – Присвоение значения параметру – входному сигналу нейрона

Все сигналы, собираемые со всех слоёв сети, будут преобразовываться с учётом константных и переменных значений [63]. Однозначность итоговых значений комплексного показателя качества обуславливается фиксированным количеством параметров и однозначной оценкой каждого из них (есть либо нет).

Входные сигналы x (0 либо 1) располагаются на внешнем слое нейросети. Обозначим этот слой как первый. Параметр представим сенсором g с определённым значением входного сигнала x_g . Таким образом, слой будет представлен параметрами от g_1 до g_{104} со значениями по каждому либо 0, либо 1.

На следующем слое эти значения суммируются в рамках каждого фактора. Это слой сумматора, обозначим его вторым слоем (Таблица 3.1). В зависимости

от количества параметров у одного фактора в суммирующем слое появляется сумма от 0 (сумма всех отрицательных значений параметров) до 13 (сумма всех положительных значений максимально возможного числа параметров).

Таблица 3.1 – Пример расчета в поле сумматора по одному из факторов

Фактор (J)	Параметры фактора (g)	Значения входного сигнала (x_g)			Сумматор (Σ)
Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы (J_{16})	Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы (g_{101})	Есть = 1	Нет = 0	x_1	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4$
	Своевременное выполнение работ (g_{102})	Есть = 1	Нет = 0	x_2	
	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации (g_{103})	Есть = 1	Нет = 0	x_3	
	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества (g_{104})	Есть = 1	Нет = 0	x_4	

На третьем слое зафиксированы значения синаптических весов нейронов W_k , которые являются константными значениями степени влияния факторов на общий показатель качества организации контроля устройства навесных фасадов. Оператор заносит в поле программы значения, исходя из полученных ранее результатов экспертных оценок факторов.

Однако данные константы могут быть скорректированы в последующем, когда, например, потребуется процедура обучения нейросети на примере других проектов зданий с навесными фасадами и необходимо будет внести новые данные (Таблица 3.2).

На четвёртом слое нейросети формируется постсинаптический потенциал V_k . В рамках каждого фактора программа умножает сумму входных сигналов x_j , полученную в поле сумматора, на синаптический вес W_{kj} , то есть на заданное константное значение фактора с учётом степени его влияния. В этом слое

консолидируются сигналы, полученные на слоях нейрона ранее, а по полученному постинаптическому сигналу уже можно судить об эффективности используемых организационно-технологических решений.

Таблица 3.2 – Поле со значением синаптического веса одного из факторов

Фактор	Параметры фактора	Входной сигнал (x)	Сумматор (Σ)	Синаптический вес (W)
Качество научно-технического сопровождения строительства	Опыт работы с аналогичными объектами строительства	$x1$	$x1 + x2$	[0,1; 0,9]
	Квалификация персонала	$x2$		

Постсинаптический потенциал определяется по формуле:

$$V_k = \sum x_j \times W_{kj}. \quad (3.1)$$

где x_j – значение входного сигнала;

W_{kj} – синаптический вес фактора;

V_k – постсинаптический потенциал.

На пятом слое – пороге активации функции – в итоге определяется, имеет ли каждый конкретный фактор достаточную степень влияния, чтобы участвовать в дальнейшем вычислении общего показателя качества или его влияние незначительно и учитывать данный фактор в расчётах не нужно. На этом слое программа сравнивает вычисленный постсинаптический потенциал с синаптическим весом в соответствии с неравенством:

$$\varphi_v = \begin{cases} 1, & \text{если } V_k \geq W_{kj} \\ 0, & \text{если } V_k < W_{kj} \end{cases}. \quad (3.2)$$

Если $\varphi = 0$, значит, условие активации не выполняется, в этом случае фактору присваивается минимальное значение «0». Тогда значение степени влияния фактора будет придавать только синаптический вес W . Если $\varphi \geq 1$, значит, условие активации выполняется, тогда фактор полностью, со значением постсинаптического потенциала V , участвует в дальнейшем расчете КПК.

В результате активизации на данном этапе сигнал с приобретённым значением конкретного влияющего фактора становится выходным сигналом нейрона k . Программа суммирует все выходные сигналы, получая число КПК ОТР осуществления инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадных систем. Полученная область значений КПК организационно-технологических решений составляет $y_k = [0; 31,2]$.

Финальным действием программы станет интерпретация полученного числового значения показателя в качественную характеристику, которая укажет на успешность реализуемых организационно-технологических решений выполнения инструментального контроля возведения навесных фасадов на исследуемом объекте – в этом случае будет получена оценка «удовлетворительно», либо на недостаточность проводимых мероприятий – в этом случае оценка будет «неудовлетворительно». Та или другая оценка относится к определённой области значений, которая рассчитывается отдельно и представлена в разделе ниже.

При неудовлетворительном результате потребуется оптимизация организационно-технологических решений с целью повышения комплексного показателя качества, о чём также будет рассказано в последующих разделах. Схематично процесс формирования выходного сигнала представлен на Рисунке 3.6.

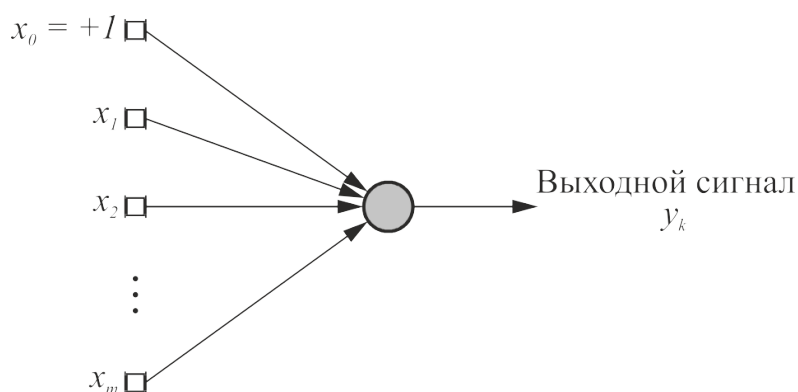


Рисунок 3.6 – Упрощенная схема нейрона

№ п/п	F _i	Фактор	Синаптический вес (степень влияния) W _{kj}	№ п/п	P _i	Параметр	Значение параметра			Сумма фактов ΣX _i	Постнативный потенциал V _k	Порог активации φ _v	Постнативный потенциал V _{kf}
							Нет	Есть	Факт				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2		Группа 2 – строительные-монтажные работы											
2.1	F14	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля	0,9	2.1	r82	Геометрических характеристик	0	1	1	5	4,5	1	4,5
				2.2	r83	Прочностных характеристик	0	1	1				
				2.3	r84	Теплотехнических характеристик	0	1	1				
				2.4	r85	Характеристик защитных и декоративных покрытий	0	1	1				
				2.5	r86	Фотофиксации проводимого контроля	0	1	1				
2.2	F15	Квалификация исполнителей инструментального контроля	0,8	2.2.1	r87	Высшее техническое образование	0	1	1	3	2,4	1	2,4
				2.2.2	r88	Опыт в области обследования и проектирования гражданских зданий не менее 5 лет	0	1	1				
				2.2.3	r89	Состояние в реестре НОПРИЗ	0	1	1				
2.3	F16	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением	0,7	2.3.1	r90	Текстовых и графических материалов	0	1	1	6	4,2	1	4,2
				2.3.2	r91	Прочностных расчётов	0	1	1				
				2.3.3	r92	Обработки результатов определения геометрических характеристик	0	1	1				
				2.3.4	r93	Обработки результатов определения прочностных характеристик	0	1	1				
				2.3.5	r94	Обработки результатов определения теплотехнических характеристик [17,18]	0	1	1				
				2.3.6	r95	Обработки результатов фотофиксации проводимого контроля	0	1	1				
2.4	F17	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015	0,5	2.4.1	r96	Система менеджмента качества внедрена / не внедрена	0	1	1	3	1,5	1	1,5
				2.4.2	r97	Периодичность подтверждения действия системы менеджмента качества	0	1	1				
				2.4.3	r98	Обучение, повышение квалификации управляющего звена	0	1	1				
2.5	F18	Качество службы технического заказчика	0,3	2.5.1	r99	Наличие в штате инженера производственно-технического отдела (ПТО)	0	1	1	4	1,2	1	1,2
				2.5.2	r100	Наличие в штате инженера-технолога, имеющего опыт работы при устройстве навесных фасадных систем	0	1	1				
				2.5.3	r101	Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности	0	1	1				
				2.5.4	r102	Высокая степень коммуникации и управления процессами полного комплекса строительного производства	0	1	1				

Рисунок 3.7 – Главное поле параметрической модели

На Рисунке 3.7 показан фрагмент окна программы Microsoft Excel, на основе которой автором исследования выполнено программирование расчёта значения КПК ОТР процесса инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий.

3.3. Обучение искусственной нейронной сети

В рамках работы искусственной нейронной сети проводится её обучение. Это необходимо, чтобы полученные результаты отличались максимальной достоверностью.

В настоящем диссертационном исследовании рассматривается метод обучения ИНС с учителем. Роль учителя играет тот же оператор, что вводит значения параметров. Учитель-оператор при этом должен не просто обладать необходимой информацией, а быть экспертом в области инструментального контроля навесных фасадов с тем, чтобы давать квалифицированные оценки параметрам и определять значимость факторов, оказывающих воздействие на КПК организации контроля.

Процесс обучения предполагает введение в параметрическую модель данных с других аналогичных объектов строительства, на которых также в качестве отделки фасадов использовались навесные системы и на которых также проводились мероприятия инструментального контроля качества данных навесных фасадов. Как правило, в качестве примеров для обучения берут уже завершённые строительством и сданные в эксплуатацию объекты, поскольку результаты по ним уже известны: и исходные данные, и комплексный показатель качества. Но возможно использование и данных с незавершённых объектов, потому что важен и прогностический аспект расчёта.

Чем больше примеров будет занесено в расчётную модель – тем точнее и объективнее будут результаты для вычисления КПК организационно-технологических решений контроля устройства фасада для исследуемого здания. При том обучение не потребует изменения архитектуры параметрической модели.

В рамках настоящего диссертационного исследования было проведено обучение нейросети в программе MATLAB по каждому фактору. В обучающую выборку вошли данные 30 аналогичных гражданских зданий с навесными фасадами, с высокой степенью реализации. В результате было сформировано 570 примеров для обучения нейросети.

Согласно методу правдоподобия, были взяты данные о КПК организационно-технологических решений контроля устройства навесных фасадов выбранных гражданских зданий с помощью инструментальных средств. Среднее значение и дисперсия КПК обучающей выборки максимально

приближены к этим значениям комплексного показателя качества всех объектов из выборки. Так получают максимально близкие к реальным значения:

Если X_1, \dots, X_n из распределения P_θ , где $\theta \in \Theta$ – неизвестные параметры, то $L(x | \theta): \Theta \rightarrow \mathbb{R}$ – функция правдоподобия, где $x \in \mathbb{R}^n$.

Точечная оценка максимального правдоподобия определяется по формуле:

$$\hat{\theta}_{\text{МП}} = \hat{\theta}_{\text{МП}}(X_1, \dots, X_n) = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} L(X_1, \dots, X_n | \theta) \quad (3.3)$$

Так же, как и по исследуемому зданию, по обучающим примерам должна быть вся необходимая информация для формирования входных данных и корректировки сигналов нейросети. Как уже было сказано, оператор, вводящий данные, должен разбираться в проектной, исходно-разрешительной, рабочей, исполнительной документации, должен знать актуальное состояние объекта-примера и других данных, составляющих суть влияющих факторов. Процесс обучения строится на вводе новых данных по параметрам – и тогда переменные значения входных сигналов меняются – и на корректировке значимости факторов – и тогда меняются константы синаптических весов. Оператор знает входные данные и понимает, каким должен быть результат, поэтому корректирует пороговые значения комплексного показателя качества. Нейросеть не знает выходных данных, поэтому повторяет действия учителя.

Обучение нейросети проходит по схеме:

- а) учитель вводит в программу новые переменные – входные сигналы меняются,
- б) учитель корректирует те синаптические веса, которые не дают при расчёте комплексного показателя качества правдивый результат,
- в) нейросеть реагирует новым образом и даёт новый результат.

Действия оператора по корректировке значений (кроме входных) повторяются многократно, пока опытным путём не подберётся нужный отклик нейросети (Рисунок 3.8).

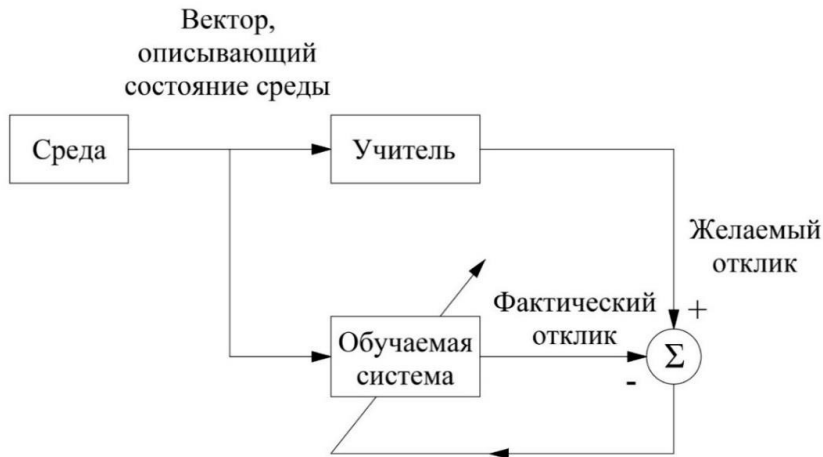


Рисунок 3.8 – Принцип обучения нейросети

Разница между нужным откликом нейросети и фактическим сигналом называется сигналом ошибки. Постепенно при подборе нужных значений, то есть методом коррекции ошибки, оператор достигает желаемого значения выходного сигнала, поэтому постепенно сигнал ошибки сокращается и полностью исчезает. Уравнение сигнала ошибки:

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

где k – нейрон;

$x(n)$ – вектор входного сигнала, управляющего нейроном k ;

$e_k(n)$ – сигнал ошибки;

$d_k(n)$ – желаемый выходной сигнал;

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

Корректировка синаптических весов называется минимизацией функции стоимости $E(n)$ и выполняется в соответствии с дельта-правилом, или правилом Видроу–Хоффа:

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

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

С получением желаемого отклика нейросети, когда происходит её стабилизация, обучение завершается.

3.4. Проверка достоверности результатов

В дополнение к обучению нейросети используют метод кросс-валидации (*cross-validation*), дословно – перекрёстная проверка [141]. Действительно, суть метода сводится к проверке достоверности данных попеременно на одних и тех же частях обучающей выборки, разделённой на группы. При этом для каждого фактора все группы обучающих данных проходят проверку и сверяются с оставшейся – тестовой – группой. В следующий раз – иными словами, на следующей итерации – тестовой группой становится другая часть выборки. Сверка проходит до тех пор, пока все группы обучающих данных не пройдут сопоставление по всем факторам. Такая проверка позволяет сверять расчётные данные с известными фактическими. [18,143]. Последовательность перекрёстной проверки достоверности результатов можно представить в виде Таблицы 3.3.

Как видно из Таблицы 3.3, обучающая выборка данных разделена на пять групп. По первому фактору «Качество исходно-разрешительной документации» нейросеть проходит обучение на 2-й, 3-й, 4-й и 5-й группах и тестируется на 1-й группе данных. На втором факторе «Качество инженерно-экологических изысканий» при последующей итерации тестовой группой данных становится 2-я группа, а обучающими – 1-я, 3-я, 4-я и 5-я. Обучение продолжается до полного круга итераций.

Таблица 3.3 – Проверка достоверности методом кросс-валидации

Наименование фактора	1	2	3	4	5
1. Качество исходно-разрешительной документации	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения

2. Качество инженерно-экологических изысканий	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
3. Качество инженерно-геодезических изысканий	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
4. Качество инженерно-геологических изысканий	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
5. Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>
6. Качество нормативно-технической базы	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
7. Качество проектной документации	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
8. Качество рабочей документации	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
9. Месторасположение объекта	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
10. Сложность архитектурных и конструктивных решений	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
11. Геометрические характеристики объекта	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
12. Сложность фасадной системы	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
13. Применение двух и более фасадных систем	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>

14. Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
15. Квалификация исполнителей инструментального контроля	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
16. Оснащённость исполнителя инструментального контроля	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
17. Применение исполнителем инструментального контроля Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
18. Качество службы технического заказчика	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
19. Качество ведения авторского надзора	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
20. Качество ведения строительного контроля	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
21. Качество научно-технического сопровождения строительства	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>
22. Качество исполнительной документации	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
23. Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
24. Качество инженерно-бытовых условий объекта	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения

25. Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
26. Природно-климатические факторы	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения
27. Качество генподрядной организации	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения	Данные для обучения
28. Квалификация бригад и ИТР монтажников навесной фасадной системы организации	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>	Данные для обучения
29. Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	Данные для обучения	<i>Тестовая группа</i>

3.5. Интерпретация значений комплексного показателя качества

Ключевой задачей данного диссертационного исследования является обоснованная интерпретация полученных по итогам работы нейронной сети значений комплексного показателя качества организационно-технологических решений выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания. Общий показатель при расчёте имеет числовое значение, из которого ясно, что максимальное число из возможного говорит об успешности реализуемых организационно - технологических решениях контроля на исследуемом объекте, а минимальное число свидетельствует о неудовлетворительном результате и необходимости дополнительных мер и корректировки организации инструментального контроля навесного фасада исследуемого гражданского здания. Но о чём говорит множество значений в интервале между минимальным и максимальным числами, при каких из них уровень организации контрольных мероприятий остаётся приемлемым, а с какого момента уже необходима оптимизация контрольных

процедур? Для ответа на эти вопросы требуется интерпретация числовых значений комплексного показателя качества в качественные характеристики.

Для интерпретации результатов можно ориентироваться на вербально-числовой метод функции желательности Харрингтона [7, 16]. По шкале Харрингтона диапазон значений от 0 до 1 соответствует лингвистическим оценкам от «очень хорошо» (0,8–1,0), «хорошо» (0,63–0,8) и «удовлетворительно» (0,37–0,63) до «плохо» (0,2–0,37) и «очень плохо» (0–0,2). При этом для целей исследования достаточным будет определить область значений с оценкой «удовлетворительно» и область значений с оценкой «неудовлетворительно».

В качестве мерила успеха реализованного проекта принят такой важный параметр, как срок проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада, влияющий на экономическую и качественную составляющие строительного проекта.

В соответствии с разработанной параметрической моделью, значения комплексного показателя качества формируются на основе 31 фактора, оказывающих влияние, с соответствующими параметрами. Предположим, что строительство и контрольные мероприятия проводятся по самому негативному сценарию, тогда значения всех параметров всех факторов будут равны нулю – в этом случае комплексный показатель качества также будет равен нулю. И наоборот, в самом благоприятном сценарии значения всех параметров факторов будут максимальными, то есть равными единице, в этом случае значение КПК также будет максимальным и равным 61,8. Таким образом, диапазон возможных значений составляет от 0 до 61,8.

Применив шкалу энергоэффективности к диапазону значения комплексного показателя качества установили, что значение КПК находящееся в границах 34,3–41,2 является нормальным, не требующим оптимизации организационно-технологических решений, соответствует оценке «удовлетворительно». Таким образом, область значений от 0 до 34,3 является показателем недостаточного уровня организационно-технологических решений

контрольных процедур и соответствует оценке «неудовлетворительно» (Рисунок 3.9).

По градации, у комплексного показателя качества организационно-технологических решений выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания может быть 9 вариантов значений (от «G» очень низкий, до A++ высочайший) [7].

Практически вычисленные значения означают, что нормальное значение в границах 34,3–41,2 соответствует срокам проведения контроля, заявленным в проекте, чем ближе показатель к максимальному, тем меньше эти сроки даже по в сравнении с проектными, и чем ближе к нулю, тем больше сроки, превышающие проектные.

Обозначение качества ОТР инструментального контроля	Значение комплексного показателя качества	Характеристика качества ОТР инструментального контроля
A ++	61,8	качество работ высокое, сокращение сроков на 20% и более
A +	57,2 - 61,8	качество работ высокое, сокращение сроков на 15%
A	52,6 - 57,2	качество работ повышенное сокращение сроков на 10%
B	48,1 - 52,6	качество работ повышенное сокращение сроков на 5%
C	41,2 - 48,1	качество работ повышенное срок выполнения работ нормативный
D	34,3 - 41,2	качество и срок выполнения работ нормативные
E	22,9 - 34,3	качество работ нормативное, невозможно выполнить работы в срок
F	11,4 - 22,9	качество работ низкое, невозможно выполнить работы в срок
G	0,0 - 11,4	невозможно приступить к выполнению работ

Рисунок 3.9 – Интерпретация значений комплексного показателя качества

В рамках диссертационной работы была исследована выборка реализованных гражданских зданий с отделкой навесными фасадами. Сначала на основе проектной и исполнительной документации, а также отчётов и протоколов контрольных обследований вычислялся комплексный показатель качества, а затем

его значение сопоставлялось с проектным сроком проведения инструментального контроля исследуемых объектов (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Статистическая выборка аналогичных проектов с навесными фасадами

№ п/п	Проект	Срок проведения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада		Отклонение фактического от проектного, %	Значение комплексного показателя качества
		По проекту	По факту		
1	2	3	4	5	6
1	Здание киностудии. Г. Москва, ул. Подъёмная, д.9	28	30	7,1%	22,9
2	Спортивный комплекс "Румянцево", г. Тверь, ул. Арсения Степанова, д.19	36	34	-5,6%	22,9
3	Сбербанк России. Московская область, г. Балашиха, ул. Объединения, д.7, к.27	32	25	-21,9%	61,8
4	Бизнес-центр "Двинцев", г. Москва, ул. Двинцев, д.12, к.1	72	84	16,7%	22,9
5	Бизнес-центр, г. Москва, ул. 8 Марта, д.14	35	40	14,3%	22,9
6	Бизнес-центр, г. Москва, ул. 5-ая Ямского поля, вл. 1-5	66	60	-9,1%	56,8
7	Автоматизированный магазин "Планета Железяка", г. Москва, 86-ой километр МКАД	27	27	0,0%	42,3
8	Бизнес-центр, г. Москва, Варшавское ш., д. 118	77	72	-6,5%	53,1
9	Административное здание "Ондулин". Г. Нижний Новгород, ул. Окская гавань, д. 11	18	18	0,0%	35,7
10	Бизнес-центр, г. Москва, 2-ая Брестская, д.32	10	10	0,0%	34,4
11	Гипермаркет Ашан. г. Краснодар, ул. Уральская, д.79	24	23	-4,2%	52,5
12	Торгово-офисный центр "Силуэт". Московская область, г. Орехово-Зуево, ул. Центральный бульвар, д.4	44	35	-20,5%	61,8
13	Подстанция 110/20 кВ", МГУ. Г. Москва, Проектируемый проезд № 3538	14	14	0,0%	45,9

1	2	3	4	5	6
14	Кинотеатр "Современник". Московская область, г. Электросталь, ул. Тевосяна, д.26 а.	15	15	0,0%	39,8
15	Автоцентр "Автомир". Г. Москва, Дмитровское ш., д. 98, с1	21	27	28,6%	22,9
16	Центр детского творчества. Г. Москва, ул. Амудсена, д. 14, к.1	18	20	11,1%	22,9
17	Бизнес-центр "На Широкой", г. Москва, Чермянский проезд, д.7	52	63	21,2%	22,9
18	Деловой центр. Г. Москва, Арбатская площадь, д.1	30	35	16,7%	22,9
19	Бизнес-центр, г. Москва, Ленинградский проспект, д.68	63	55	-12,7%	57,2
20	Торовый центр. Московская область, г. Орехово-Зуево, ул. 1905 г., д. 17	7	7	0,0%	36,8
21	Автостоянка многоуровневая. Г. Москва, ул. Дубнинская, вл. 26	12	15	25,0%	22,9
22	Административное здание "У Палыча". Московская область, г. Реутов, ул. Заводская, д. 4	42	36	-14,3%	59,5
23	Спортивный комплекс. Московская область, г. Видное, ул. Донбасская, д. 71	18	18	0,0%	44,2
24	ЦКБ РАН. Г. Москва, ул. Литовский бульвар, д.1	77	74	-3,9%	52,1
25	Красногорский колледж. Московская область, г. Волоколамск, пер. Новосолдатский, д.3	23	25	8,7%	22,9
26	Поликлиника. Московская область, г. Видное, ул. Строительная, д. 14	21	23	9,5%	22,9
27	Многофункциональный жилой комплекс «NOW», г. Москва, ЮАО, Нагатинская пойма, Проектируемый проезд 4062, вл. 6	49	45	-8,2%	55,4
28	Административное здание ИМНЭ РАН. г. Москва, ул. Нагатинская д.16а, с11	42	39	-7,1%	53,5

1	2	3	4	5	6
29	Волоколамская ЦРБ, главный корпус. Московская область Волоколамский р-н, с. Осташево, мкр., д. 11а.	24	26	8,3%	22,9
30	Жилой комплекс "Level Мичуринский" г. Москва, Озёрная улица, д. 1	56	52	-7,1%	53,8

При максимальном значении 61.8 комплексного показателя качества сокращение сроков возможно на 20 % и более от запроектированных (обратно пропорционально). При значении, равном 48.1, сокращение срока возможно на 5% и более.

3.6. Алгоритм вычисления комплексного показателя качества

С целью достижения достоверных результатов и ускорения процесса расчёта представим последовательность вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий, с учётом описанных действий по программированию и обучению искусственной нейросети. Вычисления можно проводить на разных стадиях, отслеживая меняющиеся условия реализации проекта, влияние тех или иных факторов и получающиеся в результате значения КПК ОТР. Тем самым появляется возможность корректировать те или иные параметры, влияющие на успешность всего проекта и оптимальность контрольных процедур. Рекомендуется произвести расчет и после реализации проекта, для того чтобы данные использовать для обучения нейросети в дальнейшем.

1. На первом этапе происходит сбор и формирование данных по исследуемому объекту. Все данные должны быть достоверны и объективны – от этого зависит правдивость и предсказуемость результатов. Все данные комплектуются руководством строительной организации от всех служб участников строительства и далее поступают оператору – специалисту, который

будет производить расчёт. Данные стекаются к оператору на стадиях проектно-изыскательских работ и строительно-монтажных работ. В первом случае важнейшими источниками данных становятся инженерно-геодезические, инженерно-геологические изыскания, исходно-разрешительная документация, проектная, рабочая документация, а также инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания. Эти данные предоставляются руководителем проекта, директором строительной организации, главным инженером. Во втором случае нужны фактические данные, которые фиксируются в журнале авторского надзора, в отчётах строительного контроля научно-технического сопровождения, в исполнительной документации, в протоколах обследований и испытаний, также необходимы сведения об участниках строительства.

2. На втором этапе по следам проведенного исследования информации об объекте определяются значения параметров. Если параметр отсутствует или не выполняется – ему присваивается значение «0», если параметр выполняется – ему присваивается значение «1». Оператор заполняет поле «значение входного сигнала x » (Таблица 3.5). Если в итоге фактор по сумме значений параметров оказывается со слишком низким значением, то программа его не учитывает при дальнейшем расчёте, так как он не оказывает существенного влияния на КПК.

3. На третьем этапе, после определения всех значений, выполняется автоматический расчет постсинаптического потенциала каждого нейрона – значения каждого отдельного фактора с учетом его синаптического веса. Затем производится операция конъюнкции и непосредственно осуществляется расчет КПК ОТР (Таблица 3.6).

Результирующее числовое значение показателя в диапазоне от 0 до 34,3 интерпретируется как качественная характеристика: от 34,3 включительно и более означает «удовлетворительно», менее 34,3 означает «неудовлетворительно».

Таблица 3.5 – Пример определения значений входных сигналов по двум факторам

№ п/п	Наименование фактора	Параметры фактора		Значение входного сигнала (x)		
				Да = 1	Нет = 0	
1.	Качество исходно-разрешительной документации	1.1.	Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)	Да = 1	Нет = 0	1
		1.2.	Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.	Да = 1	Нет = 0	0
		1.3.	Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы	Да = 1	Нет = 0	0
		1.4.	Наличие колористического паспорта фасада здания	Да = 1	Нет = 0	1
		1.5.	Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта	Да = 1	Нет = 0	1
2.	Качество инженерно-экологических изысканий	2.1.	Соответствие нормативным требованиям по объёму и составу	Да = 1	Нет = 0	1
		2.2.	Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком	Да = 1	Нет = 0	1
		2.3.	Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий	Да = 1	Нет = 0	1
		2.4.	Уровень оснащённости оборудованием и инструментами	Да = 1	Нет = 0	0
		2.5.	Срок давности выполнения изысканий	Да = 1	Нет = 0	0
		2.6.	Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий	Да = 1	Нет = 0	0
		2.7.	Наличие научно-технического сопровождения	Да = 1	Нет = 0	0
	

Таблица 3.6 – Пример вычисления постсинаптического потенциала и комплексного показателя качества

Наименование фактора	Сумматор (Σ)	Синаптический вес (W)	Постсинаптический потенциал (V)	Функция активации (φ)	Выходной сигнал (y)
1. Качество исходно-разрешительной документации	1	0,3	0,3	1	0,9
2. Качество инженерно-геодезических изысканий	1	0,3	0,3	1	0,9
...
					25,3 (удовлетворительно)

На четвёртом этапе анализируется полученный результат. Если по завершении расчёта получена оценка «удовлетворительно», значит, работа программы завершается. Принятые организационно-технические решения обеспечивают эффективную работу контрольных мероприятий. Формируется протокол.

В случае неудовлетворительного результата требуется повышение общего показателя качества – для этого формируется комплекс рекомендаций для улучшения состояния параметров. Готовится протокол с указанием отстающих параметров и факторов.

На пятом этапе продолжается работа в случае получения на предыдущем этапе неудовлетворительного результата. В соответствии с рекомендациями необходимо провести корректировку и внести новые значения параметров. Далее работа программы запускается снова. При достижении удовлетворительного результата работа завершается. Схематично работа программы представлена на Рисунке 3.10.

Процесс обучения нейросети и перекрёстная проверка результатов повышают достоверность результатов. Обучение нейросети (Таблица 3.7) может

выполняться каждый раз, как поступают новые сведения со строительных объектов, которые уже введены в эксплуатацию.

Для целей обучения оператор устанавливает значения входных сигналов x и выходного сигнала y . Затем он корректирует эти значения от функции активации до уровня сумматора (обратным ходом). Так опытным путём оператор подбирает настройки для получения желаемого результата. Для повышения точности и объективности расчётов в процессе обучения используется перекрестная проверка (кросс-валидация).

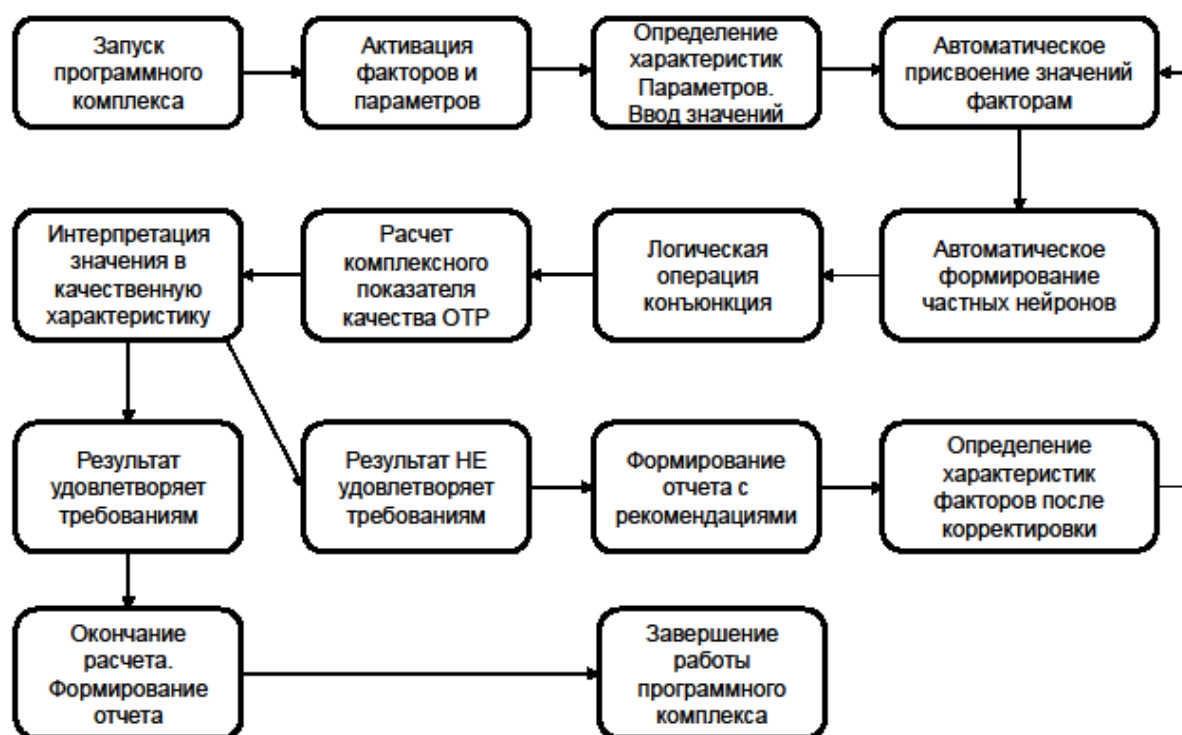


Рисунок 3.10 – Схема работы программы по расчёту комплексного показателя качества

Таблица 3.7 – Фрагмент обучающей выборки

№ п/п	Параметры фактора	Значение входного сигнала (x)	Сумматор (Σ)	Синаптический вес (W)	Функция активации (φ)	Выходной сигнал (y)
1	Качество проектной документации	Задано учителем	$x_1 + x_2 + x_{...} + x_n$	0,3	Если $\Sigma \geq W$	y_1
2	Качество рабочей документации	Задано учителем	$x_1 + x_2 + x_{...} + x_n$	0,3	Если $\Sigma \geq W$	y_2
...						
n	Иное					
Численное значение комплексного показателя качества ОТР						Σy
Качественное значение комплексного показателя качества ОТР						Задано учителем

3.7. Разработка методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов

На основе вышеизложенного сформируем методику оптимизации организации инструментального контроля качества навесных фасадов. Данная методика будет состоять из 6 стадий (Рисунок 3.12).

Стадия 1. Выявление и анализ исходных данных для организации инструментального контроля навесных фасадов. Сбор и исследование исходных данных по объекту с навесными фасадами в части организационно-технологических процедур проведения инструментального контроля эксплуатационного качества устройства навесного фасада. Изучается полный набор документации: исходно-разрешительная документация, результаты инженерных изысканий, проектная и рабочая документация, исполнительная документация, сведениях и производителе проектных и строительно-монтажных

работ. Производится оценка качества исходных данных с точки зрения полноты и достоверности сведений для объективности дальнейших расчётов.

Стадия 2. Запуск программы ЭВМ на базе искусственной нейронной сети. Ввод исходных значений параметров. Начало работы оператора с программой, настройка параметрической модели на базе нейронной сети для конкретного проекта. С учетом этапа строительства гражданского здания с навесным фасадом формируется набор факторов с актуальными параметрами, оказывающими воздействие на общий показатель качества инструментального контроля устройства фасадной системы здания. Ручной режим присвоения значений параметрам актуальных факторов в программе. На основе проанализированной информации на начальном этапе оператор присваивает всем параметрам значения либо нуля (оценка отсутствия, невыполнения параметра), либо единицы (оценка присутствия, выполнения параметра).

Стадия 3. Расчет комплексного показателя качества организации инструментального контроля. Автоматизированная работа программы: происходит вычисление значимости каждого влияющего фактора. В программе проводится перекрёстная проверка результатов. Проверяются значения степени влияния факторов – синаптических весов на предмет выполнения условия активации, учёта суммарного значения фактора в дальнейшем расчёте комплексного показателя качества. Выполняется расчёт числового значения комплексного показателя качества организационно-технологических решений.

Стадия 4. Формирование отчёта. Разработка рекомендаций. Оценка полученного результата. Программа переводит числовое значение от 0 до 61,8 в качественную характеристику: либо «удовлетворительно» (равно или выше 34,3), либо «неудовлетворительно» (ниже 34,3). Оператор формирует отчёт и подводит итог по эффективности выбранных организационно-технологических решений. В случае удовлетворительной оценки расчёт завершён. В случае неудовлетворительной оценки производится разработка рекомендаций по корректировке значений параметров с целью повышения значения комплексного показателя качества. Рекомендации по повышению эффективности выполнения

контроля могут быть предложены по отдельным параметрам и в случае положительного результата.

Стадия 5. Корректировка организационно-технологических решений на базе рекомендаций. На основе разработанных рекомендаций производится корректировка организационно-технологических решений. Оператором выполняется оценка качества обновленных после корректировки исходных данных с точки зрения полноты и достоверности. Формируется новый набор факторов с актуальными параметрами, оказывающими воздействие на общий показатель качества инструментального контроля устройства фасадной системы здания. На основе проанализированной информации оператор присваивает всем параметрам значения либо нуля (оценка отсутствия, невыполнения параметра), либо единицы (оценка присутствия, выполнения параметра). Выполняется автоматизированная работы программы по расчёту числового значения комплексного показателя качества.

Стадия 6. Завершение расчета при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества организационно-технологических решений. Окончание работы при достижении оценки «удовлетворительно» по итогам дополнительного расчёта после реализации сформированных рекомендаций.

Схематично методику оптимизации производственных процессов строительства зданий можно представить поэтапно (Рисунок 3.11).

Выводы по главе 3

1. Выполнено построение математической модели на основе искусственной нейронной сети с целью создания методики для выработки системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Проанализированы данные для параметрической модели: выявлены факторы,

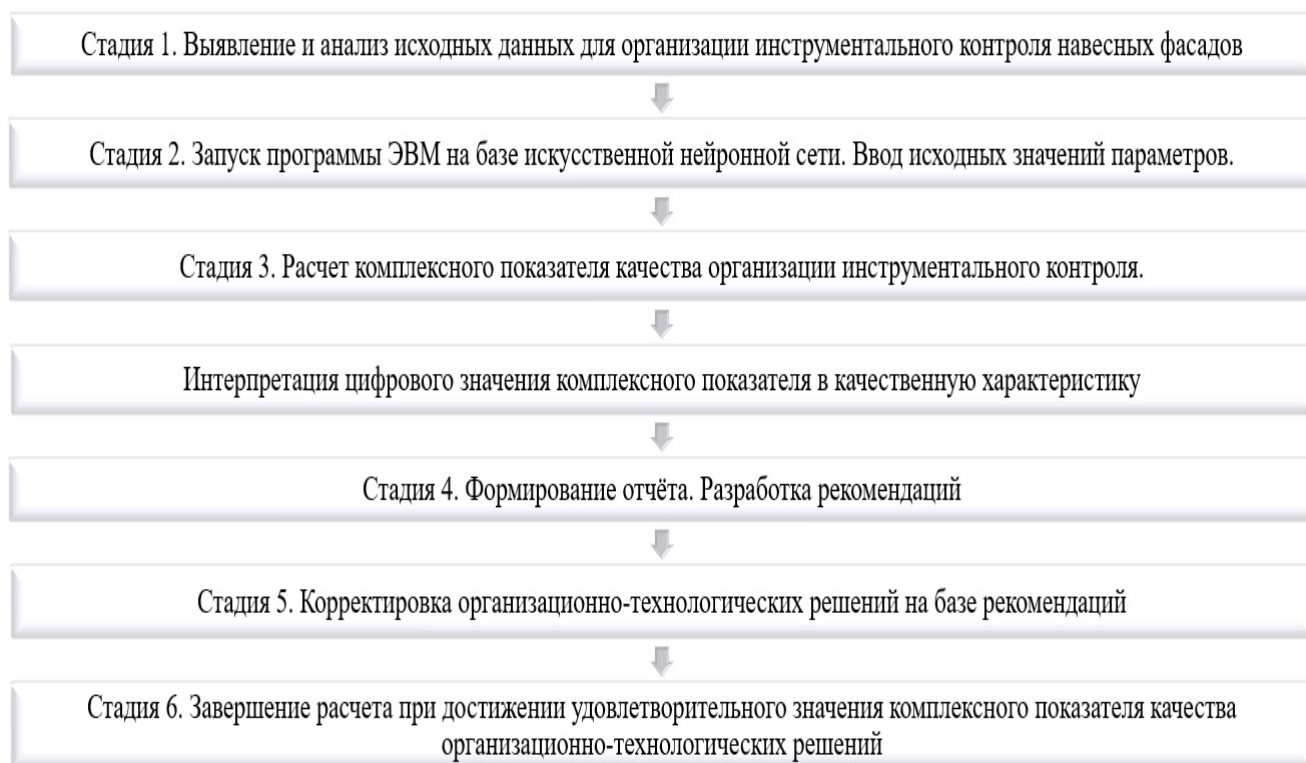


Рисунок 3.11 – Схема методики системного подхода к организации контроля устройства навесного фасада

влияющие на организационно-технические решения при выполнении инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий, а также составляющие их параметры.

2. Описано функционирование программы на основе искусственной нейронной сети. Подробно описаны процессы в слоях нейросети: параметры влияющего фактора составляют выходной сигнал нейрона, в поле сумматора входные сигналы плюсятся, на следующем слое умножаются на синаптический вес нейрона (фактора) - так находится значение постсинаптического потенциала, которое на пороге функции активации сопоставляется с синаптическим весом и допускается к дальнейшим расчётам, если степень влияния фактора сильна. В итоге все значения факторов суммируются в общий показатель качества – выходной сигнал.

3. Описано обучение нейросети на обучающей выборке прецедентов – аналогичных примерах высокой степени готовности гражданских зданий с

навесными фасадами, а также метод перекрёстной проверки результатов для получения достоверных и максимально объективных результатов.

4. Числовые значения комплексного показателя качества были переведены в качественные характеристики. Установлено, что область значений комплексного показателя качества от 0 до 34,3 является показателем недостаточного уровня организационно - технологических решений инструментального контроля и соответствует оценке «неудовлетворительно», а область значений от 34,3 включительно до 41,2 указывает на приемлемый уровень организационно - технологических решений и соответствует оценке «удовлетворительно».

5. Сформирован алгоритм вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений при выполнении инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий, с учётом описанных действий по программированию и обучению искусственной нейросети с целью достижения достоверных результатов и ускорения процесса расчёта. На основе алгоритма действий была разработана методика оптимизации организации инструментального контроля качества навесных фасадов гражданских зданий, которая включает в себя семь этапов: сбор и исследование данных по объекту с навесными фасадами, начало работы и настройка программы на базе нейросети, определение значений параметров, расчёт комплексного показателя качества, оценка полученного результата, формирование рекомендаций и корректировка значений параметров при неудовлетворительном результате, Окончание работы при удовлетворительном результате.

Глава 4

Внедрение методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий

В заключительной главе представлено внедрение разработанной методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Объектом внедрения методики стало гражданское здание, на котором осуществлялись работы по устройству навесной фасадной системы.

Для работы с параметрической моделью была собрана информация об объекте внедрения для формирования входных данных. Работа с параметрической моделью при вычислении комплексного показателя качества организационно-технологических решений производилась дважды, с применением корректировочных мероприятий. Были проанализированы неудовлетворительные результаты по параметрам и выработаны рекомендации, оптимизирующие влияющие факторы, получившие низкие значения при первичном расчёте. Показано повышение расчётного показателя качества организации инструментального контроля устройства навесного фасада исследуемого здания в результате применения сформированных рекомендаций. Показана эффективность методики системного подхода к организации контроля устройства навесного фасада здания в части сокращения сроков проведения контроля от запроектированных.

4.1. Описание объекта для внедрения методики

Для внедрения методики был выбран объект, расположенный по адресу: Московская область, г. Волоколамск, переулок Ново-Солдатский, дом 3. В здании размещается учебный корпус Государственного бюджетного профессионального

образовательного учреждения Московской области «Красногорский колледж». Многоэтажное здание было построено в 80-е годы 20-го века, конструкции выполнены из силикатного кирпича (Рисунок 4.1). Было принято решение о ремонте фасада с помощью навесных фасадных систем.



Рисунок 4.1 – Вид объекта внедрения методики перед началом работ по устройству навесного фасада

Для формирования данных для параметрической модели автором был собран и проанализирован значительный объём информации о здании, выступающем в качестве объекта внедрения разработанной методики повышения комплексного показателя качества организационно-технологических решений. Для этого были проанализированы следующие типы документов: договор на проектно-изыскательские работы, задание на проектирование и подготовленная в соответствии с ним проектная документация, отчеты по

результатам инженерно-геологических, инженерно-геодезических, инженерно-экологических изысканий, рабочая документация, договоры на выполнение строительно-монтажных работ, документы о квалификации сотрудников, журнал авторского надзора, исполнительная документация, отчеты службы строительного контроля, научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ и строительно-монтажных работ, протоколы и заключения испытательной лаборатории.

Для расчёта КПК организационно-технологических решений инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада исследуемого здания был выбран этап строительно-монтажных работ. На момент проведения расчёта в параметрической модели монтировались конструкции на начальной стадии строительно-монтажных работ (20 процентов готовности).

Автором было осуществлено сопровождение проекта с момента получения исходно-разрешительной документации на проведение работ по облицовке фасада здания.



Рисунок 4.2 – Пример отделки гражданского здания с помощью системы навесного фасада

4.2. Первичный расчёт эффективности организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада

В соответствии с методикой системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания были выполнены необходимые шаги по формированию параметрической модели в программе MATLAB на базе искусственной нейросети. На основе собранной информации об объекте внедрения методики были структурированы организационно-технические решения при выполнении контроля качества навесного фасада и заполнены в программном комплексе поля с оценкой параметров – насколько эти параметры, важные для организации контроля навесных фасадов, реализовывались в объективной реальности. Присвоенные значения параметрам – 0 либо 1 – составили значения входного сигнала x . Так начался первичный расчёт общего показателя качества контрольных мероприятий на объекте внедрения (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Оценка параметров на двух этапах строительства

Параметр	Значение
1	2
<i>Проектно-изыскательские работы</i>	
1.1 Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)	1
1.2. Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.	1
1.3. Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы	0
1.4. Наличие колористического паспорта фасада здания	1
1.5. Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта	0
2.1. Соответствие инженерных изысканий нормативным требованиям по объёму и составу	1
2.2. Техническое задание на проведение инженерных изысканий согласовано с генеральным проектировщиком	0
2.3. Уровень квалификации исполнителей инженерных изысканий	0
2.4. Уровень оснащённости инженерных изысканий оборудованием и инструментами	0

1	2
2.5. Срок давности выполнения изысканий	1
2.6. Достаточность и обоснованность результатов инженерных изысканий	0
2.7. Наличие научно-технического сопровождения инженерных изысканий	1
6.1. Системность и согласованность всех уровней нормативно-технической базы	1
6.2. Степень специализации в применении для устройства навесных фасадов нормативно-технической базы	1
6.3. Степень проработки нормативно-технической базы	0
6.4. Всесторонность охвата всех процессов при возведении строительного объекта нормативно-технической базы	1
7.1. Соответствие нормативным требованиям по разработке, оформлению и комплектности проектной документации	1
7.2. Уровень квалификации инженеров-проектировщиков	0
7.3. Уровень оснащённости оборудованием и программным обеспечением	0
7.4. Качество организационной структуры исполнителя проектной документации	1
7.5. Срок давности выполнения проектной документации	0
7.6. Обоснованность принятых проектных решений	1
7.7. Достаточность и обоснованность результатов проектирования	0
7.8. Соблюдение соответствия проектных решений требованиям СП, ГОСТ и других нормативно-технических документов	0
7.9. Применение технологий BIM (ТИМ)	1
7.10. Наличие научно-технического сопровождения	0
7.11. Наличие субподрядных проектных организаций, специализирующихся на разработке рабочей документации по устройству навесных фасадных систем	0
7.12. Степень детализации рабочей документации	1
7.13. Степень соответствия рабочей документации проектной документации	1
9.1. Удалённость от городской инфраструктуры	1
9.2. Транспортная доступность	0
9.3. Удалённость от исполнителя инструментального контроля	1
10.1. Сложность конфигурации фасада здания в плане	1

1	2
10.2. Сложность конфигурации фасада здания по высоте	0
10.3. Наличие нелинейных плоскостей фасада здания	1
10.4. Наличие нелинейных по форме проёмов на фасаде здания	1
10.5. Наличие архитектурных деталей фасада	1
10.6. Наличие горизонтальных и наклонных плоскостей	1
10.7. Сложность колористического решения. Наличие тематического рисунка	0
11.1. Высота здания	1
11.2. Размеры здания в плане	1
12.1. Применение пространственного несущего каркаса (вертикально-горизонтального)	1
12.2. Применение дополнительных элементов каркаса при формировании сложных плоскостей и дополнительного выноса облицовки	0
12.3. Разноформатность элементов облицовки	1
13.1. Применение на здании нескольких типов облицовки	0
13.2. Применение на здании фасадной систем с разными толщинами теплоизоляционного слоя и с его отсутствием	0
13.3. Применение на здании фасадной системы с различной величиной откоса от несущего основания	1
<i>Строительно-монтажные работы</i>	
1.1. Наличие инструментов и оборудования по определению геометрических характеристик	0
1.2. Наличие инструментов и оборудования по определению прочностных характеристик	1
1.3. Наличие инструментов и оборудования по определению теплотехнических характеристик	0
1.4. Наличие инструментов и оборудования по определению характеристик защитных и декоративных покрытий	1
1.5. Наличие инструментов и оборудования по определению фотофиксации проводимого контроля	1
2.1. Высшее техническое образование исполнителей инструментального контроля	1
2.2. Опыт в области обследования и проектирования гражданских зданий не менее 5 лет исполнителей инструментального контроля	1
2.3. Состояние в реестре НОПРИЗ исполнителей инструментального контроля	1

1	2
3.1. Наличие программного обеспечения по выполнению текстовых и графических материалов	0
3.2. Наличие программного обеспечения по выполнению прочностных расчётов	0
3.3. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения геометрических характеристик	1
3.4. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения прочностных характеристик	0
3.5. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов определения теплотехнических характеристик	0
3.6. Наличие программного обеспечения по выполнению обработки результатов фотофиксации проводимого контроля	1
4.1. Система менеджмента качества внедрена / не внедрена	1
4.2. Периодичность подтверждения действия системы менеджмента качества	1
4.3. Обучение, повышение квалификации управляющего звена	0
5.1. Наличие в штате инженера производственно-технического отдела (ПТО)	0
5.2. Наличие в штате инженера-технолога, имеющего опыт работы при устройстве навесных фасадных систем	0
5.3. Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности	0
5.4. Высокая степень коммуникации и управления процессами полного комплекса строительного производства	0
6.1. Ведение авторского надзора разработчиком рабочей документации	1
6.2. Своевременность проведения авторского надзора	1
6.3. Квалификация персонала	1
7.1. Своевременность проведения входного, операционного и приемочного контроля	0
7.2. Квалификация персонала строительного контроля	0
7.3. Оснащённость инструментами и оборудованием строительного контроля	0
8.1. Опыт работы с аналогичными объектами строительства научно-технического сопровождения строительства	1
8.2. Квалификация персонала научно-технического сопровождения строительства	0
9.1. Соответствие нормативным требованиям по формированию и оформлению исполнительной документации	1
9.2. Своевременность оформления исполнительной документации	0
9.3. Наличие актов скрытых работ исполнительной документации	0
9.4. Наличие и качество исполнительных схем исполнительной документации	0

1	2
9.5. Наличие сертификатов на применённые материалы исполнительной документации	0
9.6. Наличие журналов работ исполнительной документации	1
10.1. Обеспеченность объекта на момент инструментального контроля строительной оснасткой и автономными подъемными механизмами	1
11.1. Обеспеченность электроснабжением инженерно-бытовых условий объекта	1
11.2. Обеспеченность средствами связи инженерно-бытовых условий объекта	0
11.3. Обеспеченность средствами копирования и печати инженерно-бытовых условий объекта	1
11.4. Обеспеченность местами хранения документации, оборудования и инструмента инженерно-бытовых условий объекта	0
12.1. Качество транспортировки и хранения материалов и изделий навесного фасада	0
12.2. Своевременность поставки материалов и изделий навесного фасада на строительный объект	0
12.3. Соответствие материалов и изделий навесного фасада нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации	0
13.1. Возможность проведения работ в экстремальных температурных условиях	1
13.2. Обеспеченность средствами защиты от осадков при проведении инструментального контроля	1
13.3. Возможность проведения круглосуточных работ	1
14.1. Опыт работы генподрядной организации с аналогичными объектами строительства	0
14.2. Квалификация персонала генподрядной организации	1
14.3. Качество организационной структуры генподрядной организации	0
14.4. Наличие внутренней службы контроля качества генподрядной организации	0
15.1. Образование бригад и ИТР монтажников навесной фасадной системы организации по рабочей специальности	0
15.2. Опыт бригад и ИТР монтажников навесной фасадной системы организации в области монтажа фасадных систем не менее 3 лет	0
15.3. Периодичность подтверждения, повышения рабочей квалификации бригад и ИТР монтажников навесной фасадной системы организации	0
16.1. Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы	0

1	2
16.2. Своевременное выполнение работ по устройству навесной фасадной системы	0
16.3. Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	0
16.4. Наличие сотрудника внутреннего контроля качества по устройству навесной фасадной системы	0

Далее были перепроверены значения синаптических весов факторов, оказывающих влияние на эффективность организации контроля устройства навесных фасадов во избежание ошибок. Затем началась автоматизированная работа программного комплекса: сначала были вычислен постсинаптический потенциал нейрона по каждому из фактору и определены те, что имеют существенную степень влияния, их значения использовались в дальнейшем расчёте общего показателя качества ОТР проведения контроля. В результате исчисления получилось значение показателя, равное 20,1. Это значение ниже установленного нормального значения 34,3 и соответствует качественной оценке «неудовлетворительно» (Таблица 4.2).

Это значит, что реализуемые организационно-технические решения выполнения контроля либо недостаточны, либо не обеспечивают необходимый уровень качества проведения контрольных мероприятий.

В соответствии с методикой системного подхода к организации контроля навесного фасада, необходимо продолжить работу до того момента, пока комплексный показатель качества не получит значение, соответствующее характеристике «удовлетворительно».

Таблица 4.2 – Фрагмент первичного расчёта эффективности контрольных мероприятий

Фактор	Параметры фактора	Значение входного сигнала (x)	Сумматор (Σ)	Синаптический вес (W)	Постсинаптический потенциал (V)	Функция активации (φ)	Выходной сигнал (y)
Качество исходно-разрешительной документации	Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)	1	3	0,3	0,9	1	0,9
	Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.	1					
	Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы	0					
	Наличие колористического паспорта фасада здания	1					
	Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта	0					
...
Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы	0	0	0,8	0,4	1	0,32
	Своевременное выполнение работ	0					
	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации	0					
	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества	0					
Комплексный показатель качества организационно-технологических решений:						20,1 неудовлетворительно	

4.3. Формирование рекомендаций для повышения эффективности инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада

Дальнейшая работа направлена на выработку рекомендаций с целью повышения комплексного показателя качества ОТР инструментального контроля эксплуатационного качества навесной фасадной системы здания.

Для этого было проведено исследование с тем, чтобы выявить факторы с наибольшей степенью влияния, но при этом получившие низкие показатели. Были выявлены синаптические веса нейронов с высокими значениями – проводилась аналитическая работа по параметрам, составляющим факторы.

Выявленные неудовлетворительные факторы с наибольшими синаптическими весами были проанализированы. Обнаружены четыре таких фактора: а) качество службы технического заказчика, б) качество ведения строительного контроля, в) качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада, г) качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы.

При реализации данных факторов сложилась ситуация, когда на этапе строительно-монтажных работ останавливались работы на всех участках для проведения строительного контроля, а также при проведении авторского надзора.

Вызвано это было нехваткой квалифицированного персонала – сотрудники служб в числе по одному на службу не могли оперативно обследовать этапы выполненных работ и своевременно заносить результаты обследований в протоколы. Действия между службами были не скоординированы и зачастую выполнялись одни и те же процедуры повторно, исходно-разрешительная документация проверялась в момент проведения строительно-монтажных работ. Кроме того, несвоевременно были выявлены несоответствия поставленных материалов нормативно-технической и проектной документации и нарушения при

монтаже конструкций навесных фасадов. Данные недоработки привели к снижению темпов работ и отставанию от графика в шесть недель, которое впоследствии может составить существенный период, а также к дополнительным затратам.

Таким образом, первичный расчёт показал недостаточность принятых организационно-технологических решений проведения контроля и помог выявить «слабые места» организации контрольных процедур. На основе анализа факторов, отрицательно повлиявших на проведение инструментального контроля качества навесного фасада здания, были сформированы предложения для повышения эффективности организации контрольных мероприятий. Основные из них заключаются в следующем.

1. Включать в перечень работ по инструментальному контролю предварительные работы, содержащие:

- выезд специалиста на объект проведения контроля для предварительного ознакомления с условиями строительной площадки и с состоянием объекта;
- ознакомление с исходно-разрешительной документацией, проектной и исполнительной документацией, с обязательным определением Технического свидетельства навесного фасада обследуемого строительного объекта.

2. Применять отдельно перечень работ по контролю качества элементов фасадной системы и перечень работ по контролю качества сборки фасадной системы (работоспособности системы).

3. Предусмотреть взаимодействие по обмену данными о текущем техническом состоянии навесного фасада с исполнителями службы технического заказчика и строительного контроля.

4. Включать в перечень работ и учитывать временные затраты для разработки, согласования и утверждения программы работ.

4.4. Повторный расчёт эффективности организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада

Чтобы проверить эффективность предложенных мер для улучшения

организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада, необходимо провести повторный расчёт общего показателя качества с учётом внесённых поправок. Для этого в программу были внесены новые значения выявленных неудовлетворительных параметров, которые не соответствовали значимости их факторов (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Актуализация значений неудовлетворительных параметров значимых факторов

№ п/п	Параметр	Старое	Новое
1	Наличие в штате службы технического заказчика инженера производственно-технического отдела (ПТО)	0	1
2	Наличие в штате службы технического заказчика инженера-технолога, имеющего опыт работы при устройстве навесных фасадных систем	0	1
3	Наличие в штате службы технического заказчика инженера по охране труда и технике безопасности	0	1
4	Высокая степень коммуникации и управления процессами полного комплекса строительного производства службы технического заказчика	0	1
5	Своевременность проведения входного, операционного и приемочного контроля	0	1
6	Квалификация персонала строительного контроля	0	1
7	Оснащённость инструментами и оборудованием строительного контроля	0	1
8	Качество транспортировки и хранения поставляемых материалов и изделий навесного фасада	0	1
9	Своевременность поставки поставляемых материалов и изделий навесного фасада на строительный объект	0	1
10	Соответствие поставляемых материалов и изделий навесного фасада нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации	0	1
11	Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы	0	1
12	Своевременное выполнение строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	0	1
13	Соответствие строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации	0	1

14	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества строительного-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	0	1
----	--	---	---

Обновлённые значения параметров, представленные в Таблице 4.3, были внесены в систему, после чего был произведён повторный расчёт КПК. Повторный расчёт показал более высокое значение комплексного показателя качества, составившее 35,6. Это значение соответствует качественной оценке «удовлетворительно». При достижении такого результата можно говорить об эффективности организации контрольных мероприятий.

Время возведения конструкций навесного фасада здания сократилось на 3 % (10 дней) в сравнении с проектным сроком строительства. Этого достаточно, хотя кроме значимых факторов с высокими синаптическими весами, но низкими значениями, другие факторы, у которых были невысокие синаптические веса, не рассматривались в рамках оптимизационных мероприятий, поскольку не имели высокую степень влияния. При необходимости можно проводить корректировку всех неудовлетворительных параметров и, соответственно, факторов модели.

В соответствии с алгоритмом методики, на данном этапе расчёт комплексного показателя качества ОТР считается завершённым, так как оптимизации контрольных процедур более не требуется. Таким образом, в рамках данного диссертационного исследования сформирована и успешно внедрена методика системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов зданий (Приложение В).

Таблица 4.4 – Фрагмент вторичного расчёта эффективности контрольных мероприятий

Фактор	Параметры фактора	Значение входного сигнала (x)	Сумматор (Σ)	Синаптический вес (W)	Постсинаптический потенциал (V)	Функция активации (φ)	Выходной сигнал (y)
Качество исходно-разрешительной документации	Наличие утверждённого градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)	1	3	0,3	0,9	1	0,9
	Наличие Архитектурно-градостроительного облика (АГО) для Московской обл.	1					
	Наличие Архитектурно-градостроительного решения (АГР) для г. Москвы	0					
	Наличие колористического паспорта фасада здания	1					
	Наличие утверждённого территориальным органом власти архитектурного объёмно-планировочного решения объекта	0					
...
Качество строительно-монтажных работ по устройству навесной фасадной системы	Качество входного контроля материалов навесной фасадной системы	1	4	0,8	3,2	1	3,2
	Своевременное выполнение работ	1					
	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей	1					
	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества	1					
Комплексный показатель качества организационно-технологических решений:						35,6 удовлетворительно	

Выводы по главе 4

1. Осуществлено внедрение разработанной методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Объектом внедрения методики стало гражданское здание, на котором осуществлялись работы по устройству навесной фасадной системы.

2. В соответствии с методикой системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданского здания были выполнены необходимые шаги по формированию параметрической модели в программе MATLAB на основе искусственной нейросети. По итогам исходного вычисления общего показателя качества организационно-технологических решений проведения контроля получилось значение показателя, равное 20,1. Это значение ниже установленного нормального значения 34,3 и соответствует качественной оценке «неудовлетворительно».

3. На основе анализа факторов, отрицательно повлиявших на проведение инструментального контроля качества навесного фасада здания, были сформулированы предложения для повышения эффективности организации контрольных мероприятий. Повторный расчёт показал более высокое значение комплексного показателя качества, составившее 35,6. Это значение соответствует качественной оценке «удовлетворительно». При достижении такого результата можно говорить об эффективности организации контрольных мероприятий.

4. Время возведения конструкций навесного фасада здания после реализации рекомендованных мероприятий для оптимизации организационно-технологических решений проведения контроля сократилось на 3 % (10 дней) в сравнении с проектным сроком строительства. Эти данные подтверждают формирование системного подхода к организации инструментального контроля

эксплуатационного качества навесных фасадов зданий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация поставленных целей и задач в ходе диссертационного исследования позволяет прийти к следующим итогам и выводам.

1. Проведён обзор нормативно-технической литературы, выполнен анализ организационно-технологических решений инструментального контроля качества навесного фасада, которые осуществляются на этапах проектирования и строительно-монтажных работ. Выявлена последовательность проведения контрольных мероприятий качества устройства навесного фасада с помощью инструментальных средств, проанализирована структура контрольных процедур. Представлены существующие на сегодняшний день способы организации инструментального контроля качества устройства навесных фасадов, определены недостатки представленных методов. Выявлено отсутствие методики, учитывающей факторы, которые воздействуют на разных этапах строительства как на сам процесс контроля, так и взаимно друг на друга. А также выявлено отсутствие полноценных комплексных предложений, нацеленных на повышение эффективности инструментального контроля качества навесных фасадов в части сокращения сроков его проведения.

2. Рассмотрены методы научного исследования. Дано определение системного подхода организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. Описаны наиболее важные составляющие показателя качества организации отдельных процессов инструментального контроля. По результатам исследования предложен перечень из 31 фактора, оказывающих воздействие на организацию инструментального контроля. Выявленные факторы изучены с целью получения измеряемых показателей – 146 параметров и определения их значений. Изученные факторы были проранжированы по степени важности от 0,1 до 0,9. Для определения влияющих факторов использован метод экспертных оценок в

виде индивидуального экспертного опроса. Предложено использовать для вычисления комплексного показателя качества проведения контроля устройства навесных фасадов гражданских зданий математический аппарат на основе искусственной нейронной сети.

4. Сформулировано определение комплексного показателя качества организационно-технологических решений контроля эксплуатационного качества навесного фасада инструментальными средствами. Сформирован алгоритм вычисления КПК ОТР выполнения инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий, с учётом описанных действий по программированию и обучению искусственной нейросети с целью ускорения процесса расчёта и достижения достоверных результатов. Вычислены граничные от 0 до 61,8 и нормальные значения 34,3-41,2 КПК ОТР инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

5. Выполнено построение математической модели на основе нейронной сети. Подробно описаны процессы в слоях нейросети: параметры влияющего фактора составляют выходной сигнал нейрона, в поле сумматора входные сигналы плюсятся, на следующем слое умножаются на синаптический вес нейрона (фактора) - так находится значение постсинаптического потенциала, которое на пороге функции активации сопоставляется с синаптическим весом и допускается к дальнейшим расчётам, если степень влияния фактора сильна. В итоге все значения факторов суммируются в общий показатель качества – выходной сигнал. Описано обучение нейросети на обучающей выборке прецедентов – аналогичных примерах высокой степени готовности гражданских зданий с навесными фасадами, а также метод перекрёстной проверки результатов для получения достоверных и максимально объективных результатов.

5. На основе алгоритма действий была разработана и представлена методика оптимизации организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий, которая включает в себя семь этапов: сбор и исследование данных по объекту с навесными фасадами, начало работы и настройка программы на базе нейросети,

определение значений параметров, расчёт комплексного показателя качества, оценка полученного результата, формирование рекомендаций и корректировка значений параметров при неудовлетворительном результате, Окончание работы при удовлетворительном результате.

6. Осуществлено внедрение разработанной методики системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий. Время возведения конструкций навесного фасада здания после реализации рекомендованных мероприятий для оптимизации организационно-технологических решений проведения контроля сократилось на 3 % (10 дней) в сравнении с проектным сроком строительства. Эти данные подтверждают эффект от методики и формирование системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов зданий.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

В рамках дальнейшего развития исследования логичным будет накопление статистических данных с аналогичных объектов строительства с навесными фасадами для обучения искусственной нейронной сети.

Кроме того, разработанная методика может быть адаптирована для зданий и сооружений с другим различным функциональным назначением, может быть применена для организации контроля других элементов строящихся зданий и сооружений.

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. Ашерев, А. Т. Подготовка, экспертиза и защита диссертаций : учебное пособие / А. Т. Ашерев. – 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 : УРРС, 2004. – 354 с.
39. Ермаков И.В., Лapidус А.А. Формирование системного подхода в организации инструментального контроля качества навесного фасада на основании нормативной базы / И.В. Ермаков, А.А. Лapidус // Инженерный вестник Дона. - 2023. - №5 (2023). - ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8377

40. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством : учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 134 с.
41. Ефимов, М. В. Планирование эксперимента. Теория автоматического управления : учебное пособие / М. В. Ефимов. – Москва : МГУП, 2006. – 87 с.
42. Ефимова, М. Р. Общая теория статистики : учебник / М. Р. Ефимова, Е. В. Петрова, В. Н. Румянцев. – Москва : ИНФРА-М, 1996. – 416 с.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. Зеленцов, Л. Б. Система управления процессами проектирования в строительстве на основе информационной технологии / Л. Б. Зеленцов, И. Г. Трипута, А. А. Востров, Н. Г. Акоюн // Науковедение. – 2016. – № 6 (37). – С. 27.
48. 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.
49. 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.

50. Иозайтис, В. С. Экономико-математическое моделирование производственных систем / В. С. Иозайтис, Ю. А. Львов. – Москва : Высшая школа, 1992. – 192 с.
51. 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.
52. 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.
53. Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ : учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.
54. 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.
55. 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.
56. 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.
57. Красновский, Б. М. Промышленное и гражданское строительство в задачах с решениями / Б. М. Красновский. – Издание 3-е, доп. – Москва : Издательство АСВ, 2018. – 1520 с.
58. 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.
59. 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.

60. Куликов, Ю. А. Оценка качества решений в управлении строительством / Ю. А. Куликов. – Москва : Стройиздат, 1990. – 144 с.

61. Лapidус, А. А. Актуальные проблемы организационно- технологического проектирования / А. А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3 (4). – С. 1.

62. 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.

63. 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.

64. 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.

65. 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.

66. 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.

67. Лapidус А.А., Ермаков И.В. Определение значимых факторов, влияющих на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий / А.А. Лapidус, И.В. Ермаков //

Перспективы науки. – 2023. -№ 4(163).2023. – С.115-121.

68. Лapidус, А. А. Организационное проектирование и управление крупномасштабными инвестиционными проектами / А. А. Лapidус. – Москва : Вокруг света, 1997. – С. 34– 36.

69. 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.

70. Лapidус, А. А. Потенциал реализации крупномасштабного строительного проекта / А. А. Лapidус // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 4 (63). – С. 38–41.

71. Лapidус, А. А. Потенциал эффективности организационно- технологических решений строительного объекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – Москва, 2014. – № 1. – С. 175–180.

72. 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.

73. Лapidус А. А., Ермаков И. В., Боровкова А. Е., Семенов Д. В. Риск-ориентированный подход при осуществлении строительного контроля на стадии строительства многоквартирных жилых зданий / А.А. Лapidус, И.В. Ермаков, Д.В. Семенов // Строительное производство. – 2023. - № 2 (46)'2023. – с.71-75.

74. 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.

75. 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.

76. Лapidус, А.А. Управление качеством строительного объекта посредством оптимизации производственно-технологических модулей / А. А. Лapidус //

Вестник МГСУ. – 2013. – № 1. – С. 175–180.

77. Лapidус, А. А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // Вестник МГСУ. – 2016. – № 12. – С. 114–121.

78. 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.

79. 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.

80. 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.

81. 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.

82. 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.

83. 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.

84. 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.

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

86. 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.

87. 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.

88. 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.

89. Новиков, М. А. Методы организации и планирования строительства при смене генеральной подрядной организации: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.02.22 / М. А. Новиков. - М., 2011. - 22с.

90. 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.

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

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

93. Олейник, П. П. Методы организации строительства и производства строительно-монтажных 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.

94. 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.

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

96. 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.

97. Павлов, А. С. Использование ресурсов в строительных организациях : учебное пособие для вузов / А. С. Павлов ; МГСУ. – Москва : Архитектура-С, 2009. – 97 с.

98. Плеханов, А. Г. Маркетинговая стратегия развития потенциала строительной организации / А. Г. Плеханов // Маркетинг. – 2009. – № 3. – С. 58–73.

99. Полонский, В. М. Определение новизны результатов научно- педагогических исследований / В. М. Полонский // Проблемы современного образования. – 2011. – № 2. – С. 61–70.

100. 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.

101. 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.

102. 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.

103. 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.
104. Синенко, С. А. Информационная технология проектирования организации строительного производства / С. А. Синенко. – Москва : ИТЦ «Корвет-90», 1992. – 258 с.
105. 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.
106. Степанов, А. Е. Анализ возможности сокращения сроков возведения монолитных конструкций / А. Е. Степанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 6. – С. 89–93.
107. 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.
108. 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.
109. 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.
110. Теличенко, В. И. Пути развития инженерного потенциала на примере строительной отрасли / В. И. Теличенко // Вестник Высшей школы. – 2011. – № 8. – С. 7–12.
111. 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.

112. 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.

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

114. Топчий, Д. В. Организационно-технологическое моделирование строительно-монтажных 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.

115. 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.

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

117. 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.

118. 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.

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

120. 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.
121. Шаланов, Н. В. Системный анализ. Кибернетика. Синергетика: математические методы и модели. Экономические аспекты : монография / Н. В. Шаланов. – Новосибирск : Издательство НГТУ, 2003. – 305 с.
122. Шашков, В. Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия : учебное пособие / В. Б. Шашков. – Оренбург : ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 363 с.
123. 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.
124. Постановление Госстроя РФ от 01.07.2002 N 76 "О Порядке подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве".
125. Приказ Министерства регионального развития РФ от 24 декабря 2008 г. N 292 "Об оформлении технического свидетельства о пригодности новой продукции для применения в строительстве на территории Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
126. ТР 161-05 Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем.
127. СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ (с Изменением N 1).
128. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
129. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

130. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства от 16 февраля 2008 №87 // Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, N 2, ст. 190
131. Anthony, M. Neural network learning: Theoretical foundations / M. Anthony, P. L. Bartlett. – Cambridge : Cambridge university press, 1999. – 389 p.
132. 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.
133. Bofang, Z. Construction of Mass Concrete in Winter / Z. Bofang // Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete. – 2014. – P. 425–430.
134. 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.
135. 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.
136. 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.
137. Graham, P. Building Ecology – First Principles for a Sustainable Built Environment / P. Graham. – Great Britain : Blackwell Science, 2003. – P. 76.
138. Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation / S. Haykin. – 2nd Edition. – Singapore : Pearson Prentice-Hall, 1999. – 823 p.
139. 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.
140. 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.
141. 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.
142. 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.
143. 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.
144. 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.
145. 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.
146. 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.
147. 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.

148. 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.

149. Stone, M. Asymptotics for and against cross-validation / M. Stone // *Biometrika*. – 1977. – Vol. 64. – P. 29–35.

150. 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.

151. 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.

Анкета экспертной оценки

Табл. 1. Контроль качества элементов фасадной системы

№ п/п	Элемент фасадной системы	Контролируемый параметр	Средства контроля
1	2	3	4
1.	Крепёж к несущему основанию: дюбель – шуруп; анкер; химический анкер	1.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	1.1.1. Визуальный
		1.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Марка	1.2.1. Визуальный; 1.2.2. Штангельциркуль; 1.2.3. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		1.3. Наличие дефектов	
		а) Коррозия	1.3.1. Штангельциркуль; 1.3.2. Линейки измерительные металлические
		б) Механические повреждения	1.3.3. Штангельциркуль; 1.3.4. Линейки измерительные металлические
2.	Каркас фасада: термомост (прокладка под кронштейн) кронштейн, направляющая, конструктивные элементы (удлинители, соединители, термовставки, вставки термощва	2.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	2.1.1. Визуальный

1	2	3	4
	диэлектрические прокладки, динамические прокладки, втулки)	2.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Марка	2.2.1. Визуальный; 2.2.2. Штангельциркуль; 2.2.3. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические. 2.2.4. Толщиномер механический; 2.2.5. Толщиномер ультразвуковой; 2.2.6. Толщиномер лакокрасочного покрытия; 2.2.7. Толщиномер гальванического (цинкового) покрытия
		2.3. Наличие дефектов	
		а) Коррозия	2.3.1. Штангельциркуль; 2.3.2. Линейки измерительные металлические.
		б) Механические повреждения	2.3.3. Штангельциркуль; 2.3.4. Линейки измерительные металлические
3.	Крепёж элементов каркаса между собой	3.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	3.1.1. Визуальный
		3.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		б) Марка	3.2.1. Визуальный; 3.2.2. Штангельциркуль; 3.2.3. Линейки

1	2	3	4
			измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		3.3. Наличие дефектов	
		в) Коррозия	3.3.1. Штангельциркуль; 3.3.2. Линейки измерительные металлические
		г) Механические повреждения	3.3.3. Штангельциркуль; 3.3.4. Линейки измерительные металлические
4.	Теплоизоляционны й слой	4.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	4.1.1. Визуальный
		4.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Марка (состав, материал, толщина)	4.2.1. Визуальный; 4.2.2. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		4.3. Правильность геометрической формы	4.3.1. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		4.4. Влажность	4.4.1. Лабораторные исследования;
		4.5. Плотность	4.5.1. Линейки измерительные металлические; 4.5.2. Весы, имеющие предел допускаемой погрешности взвешивания

1	2	3	4
			не более 0,5 %
		4.6. Наличие дефектов	
		а) Эрозия (выдувание поверхностного слоя)	4.6.1. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		б) Механические повреждения	4.6.2. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
5.	Крепёж теплоизоляции	5.1. Соответствие Техническому свидетельству (ТС)	5.1.1. Визуальный
		5.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		в) Марка	5.2.1. Визуальный; 5.2.2. Штангельциркуль; 5.2.3. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		5.3. Наличие дефектов	
		г) Коррозия	5.3.1. Штангельциркуль; 5.3.2. Линейки измерительные металлические
		д) Механические повреждения	5.3.3. Штангельциркуль; 5.3.4. Линейки измерительные металлические
6.	Мембрана	6.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	6.1.1. Визуальный
		6.2. Соответствие	6.2.1. Визуальный

1	2	3	4
		проектной и исполнительной документации:	
		6.3. Наличие дефектов	
		в) Эрозия (выдувание поверхностного слоя)	6.3.1. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		г) Механические повреждения	6.3.2. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
7.	Вентилируемый зазор	7.1. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Ширина	7.1.1. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические
		7.2. Наличие дефектов	
		а) Засоры	7.2.1. Визуальный
8.	Облицовка	8.1. Соответствие техническому свидетельству (ТС)	8.1.1. Визуальный
		8.2. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Марка	8.2.1. Визуальный; 8.2.2. Штангельциркуль; 8.2.3. Линейки измерительные металлические; рулетки измерительные металлические; 8.2.4. Спектрофотометр

1	2	3	4
		8.3. Наличие дефектов	
		а) Коррозия	8.3.1. Штангельциркуль; 8.3.2. Линейки измерительные металлические
		б) Механические повреждения	8.3.3. Штангельциркуль; 8.3.4. Линейки измерительные металлические
		в) Разнотон цвета	8.3.5. Спектрофотометр
9.	Все элементы	9.1.1. Фотофиксация контролируемых параметров	9.1.2. Фототехника

Табл. 2. Нормативная база средств контроля качества элементов фасадной системы

№ п/п	Средства контроля	Нормативы по техническим требованиям к средствам контроля	Нормативы по правилам и методам применения средств контроля
1	2	3	4
1.	Визуальный		ГОСТ Р ЕН 13018-2014 Национальный стандарт Российской Федерации «Контроль визуальный. Общие положения»
2.	Геометрические параметры		
2.1.	Штангенциркули	ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) Межгосударственный стандарт «Штангенциркули. Технические условия»	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ Р 58939 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления ГОСТ Р 58941 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила

1	2	3	4
2.2.	Линейки измерительные металлические	ГОСТ 427-75 Межгосударственный стандарт «Линейки измерительные металлические. Технические условия»	<p>выполнения измерений.</p> <p>Общие положения</p> <ul style="list-style-type: none"> ГОСТ Р 58945-2020 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений ГОСТ Р ИСО 16809-2015 Национальный стандарт Российской Федерации «Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Измерение толщины»
2.3.	Рулетки измерительные металлические	ГОСТ 7502-98 Межгосударственный стандарт «Рулетки измерительные металлические. Технические условия»	
2.4.	Толщиномер ультразвуковой	ГОСТ 28702-90 Межгосударственный стандарт «Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования»	
3.	Параметры защитного слоя		
3.1.	Толщиномер лакокрасочного покрытия	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007) Межгосударственный стандарт. «Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия»
3.2.	Микрометры	ГОСТ 6507-90 Межгосударственный стандарт «Микрометры. Технические условия»	

1	2	3	4
3.3.	Толщиномер гальванического (цинкового) покрытия	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 9.316-2006 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля» • ГОСТ 9.302-88 Государственный стандарт Союза ССР «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля» • ГОСТ 9.302-88 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля»
4.	Параметры цвета		
4.1.	Спектрофотометр	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 52662-2006 Национальный стандарт Российской Федерации «Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Часть 2. Измерение цвета»
5.	Фотофиксация контроля	Технические	-

1	2	3	4
		условия предприятия изготовителя	

Табл. 3. Контроль качества устройства (сборки) системы навесного фасада

№ п/п	Элемент фасадной системы	Контролируемый параметр	Средства контроля
1	2	3	4
1.	Крепёж к несущему основанию	1.1.Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Наличие	1.1.1.Визуальный
		б) Расстановка – взаимное расположение (шаг)	1.1.2.Линейки измерительные металлические; 1.1.3.Рулетки измерительные металлические
		в) Расстановка – отступ от края несущего основания	1.1.3. Линейки измерительные металлические; 1.1.4. Рулетки измерительные металлические
		г) Расстановка – не установлен в шов между элементами несущего основания д) Прочностные характеристики	1.1.1. Визуальный 1.1.2. Анкерный тестер (см. Рисунок 3); 1.1.3. Измеритель прочности крепления (усилия вырыва) анкеров фасадных систем
		1.2.Качество установки (отсутствие люфта; отсутствие разрушений: каркаса, крепежа, несущего основания; геометрия положения)	1.2.1. Визуальный контроль; 1.2.2. Угломер

1	2	3	4
2.	Каркас фасада: термомост (прокладка под кронштейн) кронштейн, направляющая, конструктивные элементы (удлинители, соединители, термовставки, вставки термошва, диэлектрические прокладки, динамические прокладки)	2.1. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
а)		Наличие (комплектность)	2.1.1. Визуальный
б)		Расстановка – взаимное расположение	2.1.2. Линейки измерительные металлические; 2.1.3. Рулетки измерительные металлические; 2.1.4. Угломер; 2.1.5. Отвесы строительные; 2.1.6. Уровни строительные
в)		Шаг крепления элементов между собой;	2.1.7. Линейки измерительные металлические; 2.1.8. Рулетки измерительные металлические
г)		Температурный зазор	2.1.9. Визуальный Линейки измерительные металлические; 2.1.10. Рулетки измерительные металлические
2.	Теплоизоляционный слой	2.1. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Наличие (комплектность)	2.1.1. Визуальный. 2.1.2. Линейки измерительные металлические; 2.1.3. Рулетки измерительные металлические

	2	3	4
		б) Количество точек крепления	2.1.4. Визуальный
		в) Теплотехнические свойства	2.1.5. Тепловизор; 2.1.6. Тепломер
		2.2. Сплошное покрытие 2.3.	2.3.1. Визуальный
3.	Облицовка	3.1. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Наличие (комплектность)	3.1.1. Визуальный
		б) Расстановка – взаимное расположение;	3.1.2. Линейки измерительные металлические; 3.1.3. Рулетки измерительные металлические; 3.1.4. Угломер; 3.1.5. Отвесы строительные; 3.1.6. Уровни строительные
		в) Положение в плоскости	3.1.7. Нивелир; 3.1.8. Теодолит
		г) Температурный зазор	3.1.9. Визуальный
			3.1.10. Линейки измерительные металлические; 3.1.11. Рулетки измерительные металлические
		3.2. Качество установки (отсутствие люфта; отсутствие разрушений: каркаса, крепежа)	3.2.1. Визуальный контроль

1	2	3	4
4.	Соответствие противопожарным требованиям	4.1. Соответствие проектной и исполнительной документации:	
		а) Узлы обрамления проёмов (противопожарная отсечка, вынос верхнего отлива за плоскость облицовки)	4.1.1. Визуальный; 4.1.2. Линейки измерительные металлические; 4.1.3. Рулетки измерительные металлические
		б) Межэтажная противопожарная отсечка	4.1.4. Визуальный 4.1.5. Линейки измерительные металлические; 4.1.6. Рулетки измерительные металлические.
		в) Соответствие применяемых материалов	4.1.7. Визуальный

Табл. 4. Нормативная база средств контроля качества устройства (сборки) системы навесного фасада

№ п/п	Средства контроля	Нормативы по техническим требованиям к средствам контроля	Нормативы по правилам и методам применения средств контроля
1	2	3	4
1.	Визуальный		<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ Р ЕН 13018-2014 Национальный стандарт Российской Федерации «Контроль визуальный. Общие положения»
2.	Геометрические параметры		

1	2	3	4
2.5.	Штангенциркули	ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) Межгосударственный стандарт «Штангенциркули. Технические условия»	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 58939 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления • ГОСТ Р 58941 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения • ГОСТ Р 58945-2020 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений
2.6.	Линейки измерительные металлические	ГОСТ 427-75 Межгосударственный стандарт «Линейки измерительные металлические. Технические условия»	
2.7.	Рулетки измерительные металлические	ГОСТ 7502-98 Межгосударственный стандарт «Рулетки измерительные металлические. Технические условия»	
2.8.	Нивелир	ГОСТ 10528-90 Межгосударственный стандарт «Нивелиры. Общие технические условия».	
2.9.	Теодолит	ГОСТ 10529-96 Межгосударственный	
		стандарт «Теодолиты. Общие технические условия»	
3.	Прочностные характеристики		<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 54773-2011 Национальный стандарт

3.1.	Анкерный тестер	Технические условия предприятия изготовителя	<p>Российской Федерации «Крепи анкерные. Методы испытаний анкеров»</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 56731-2015 Анкеры механические для крепления в бетоне. Методы испытаний
3.2.	Измеритель прочности крепления (усилия вырыва) анкеров фасадных систем	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 58387-2019 Анкеры клеевые для крепления в бетон Методы испытаний. • ГОСТ Р 58768-2019 Анкеры пластиковые для крепления в бетоне и каменной кладке. Методы испытаний • СТО ФАУ "ФЦС" 44416204-010-2010 - Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний
4.	Теплотехнические характеристики		

1	2	3	4
4.1.	Тепловизор	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 54852-2011 Национальный стандарт Российской Федерации «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»
4.2.	Тепломер	Технические условия предприятия изготовителя	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 54853 – 2011 Национальный стандарт Российской Федерации «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера» • ГОСТ Р 56623-2015 Национальный стандарт Российской Федерации «Контроль неразрушающий. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций»

Анкета экспертной оценки

Анкета экспертного опроса

Бланк интервью № _____

Уважаемый эксперт!

В рамках диссертационного исследования на тему «Разработка системного подхода организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов» проводится выявление факторов влияющих на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий и определяется степень их влияния.

По итогам данного опроса будут определены соответствующие факторы и их синергические веса, что позволит применить Ваш опыт посредством математической модели для формирования системного подхода в организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов.

Пожалуйста, ответьте на предложенные вопросы, посвященные Вашей экспертной оценке исследуемых факторов. Заполнение анкеты займет у Вас не более 15 минут. Ваши ответы будут использованы в обобщенной, обезличенной форме в научных целях.

Инструкция по заполнению анкеты

1. Прочитайте и отметьте в анкете код того ответа (обвести в кружок), который выражает Ваше экспертное мнение (в некоторых вопросах можно выбрать несколько ответов).

2. Если ответы на вопрос не предлагаются или Вас не удовлетворяет ни один из предлагаемых ответов, прошу указать Ваше мнение в свободной строке.

Вопросы интервью

1. Состоите ли Вы в национальном реестре специалистов в области строительства (НРС) ?

001 - Да, состою;

002 – Нет, не состою.

2. Состоите ли Вы в национальном реестре специалистов в области изысканий и проектирования (НОПРИЗ - Национальное объединение изыскателей и проектировщиков) ?

003 - Да, состою;

004 – Нет, не состою.

3. Ваш стаж работы в области строительства, изысканий и проектирования

005 – От 5 до 10 лет;

006 – Свыше 10 лет.

4. Отметьте факторы, влияющие на организацию инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий. Добавьте факторы, которые по Вашему мнению являются влияющими, но не указаны в анкете:

№ п/п	Наименование фактора
На этапе проектно-изыскательских работ	
007	Качество исходно-разрешительной документации
008	Качество инженерно-экологических изысканий
009	Качество инженерно-геодезических изысканий
010	Качество инженерно-геологических изысканий
011	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий
012	Качество нормативно-технической базы
013	Качество проектной документации

014	Качество рабочей документации
015	Месторасположение объекта
016	Сложность архитектурных и конструктивных решений
017	Геометрические характеристики объекта
018	Сложность фасадной системы
019	Применение двух и более фасадных систем
020	
021	
022	
023	
024	
На этапе строительного-монтажных работ	
025	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля
026	Квалификация исполнителей инструментального контроля
027	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением
028	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015
029	Качество службы технического заказчика
030	Качество ведения авторского надзора
031	Качество ведения строительного контроля
032	Качество научно-технического сопровождения строительства
033	Качество исполнительной документации
034	Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами
035	Качество инженерно-бытовых условий объекта
036	Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада
037	Природно-климатические факторы
038	
039	
040	
041	
042	
043	

5. Укажите вес фактора от 0.1 до 0.9 в зависимости от степени влияния фактора на процесс организации инструментального контроля, где 0.1 минимальное влияние, 0.9 максимальное влияние. Добавьте факторы и их вес, которые Вы считаете влияющими, но не указаны в анкете:

№ п/п	Наименование фактора	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.	На этапе проектно-изыскательских работ									
1.1.	Качество исходно-разрешительной документации	044	045	046	047	048	049	050	051	052
1.2.	Качество инженерно-экологических изысканий	053	054	055	056	057	058	059	060	061
1.3.	Качество инженерно-геодезических изысканий	062	063	064	065	066	067	068	069	070
1.4.	Качество инженерно-геологических изысканий	71	72	73	74	75	76	77	708	79
1.5.	Качество инженерно-гидрометеорологических изысканий	080	081	082	083	084	0805	086	087	088
1.6.	Качество нормативно-технической базы	089	090	091	092	093	094	095	096	097
1.7.	Качество проектной документации	098	099	100	101	102	103	104	105	106
1.8.	Качество рабочей документации	107	108	109	110	111	112	113	114	115
1.9.	Месторасположение объекта	116	117	118	119	120	121	122	123	124
1.10.	Сложность архитектурных и конструктивных решений	125	126	127	128	129	130	131	132	133
1.11.	Геометрические характеристики объекта	134	135	136	137	138	139	140	141	142
1.12.	Сложность фасадной системы	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1.13.	Применение двух и более фасадных систем	151	152	153	154	155	156	157	158	159
1.14.		160	161	162	163	164	165	166	167	168
1.15.		169	170	171	172	173	174	175	176	177
1.16.		178	179	180	181	182	183	184	185	186
1.17.		187	188	189	190	191	192	193	194	195
1.18.		196	197	198	199	200	201	202	203	204
1.19.		205	206	207	208	209	210	211	212	213
2.	На этапе строительного-монтажных работ	213	214	215	216	217	218	219	220	221
2.1.	Оснащённость исполнителя инструментами и оборудованием контроля	222	223	224	225	226	227	228	229	230

2.2.	Квалификация исполнителей	231	232	233	234	235	236	237	238	239
2.3.	Оснащённость исполнителя инструментального контроля программным обеспечением	240	241	242	243	244	245	246	247	248
2.4.	Применение исполнителем Системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2015	249	250	251	252	253	254	255	256	257
2.5.	Качество службы технического заказчика	258	259	260	261	262	263	264	265	266
2.6.	Качество ведения авторского надзора	267	268	269	270	271	272	273	274	275
2.7.	Качество ведения строительного контроля	276	277	278	279	280	281	282	283	284
2.8.	Качество научно-технического сопровождения строительства	285	286	287	288	289	290	291	292	293
2.9.	Качество исполнительной документации	294	295	296	297	298	299	300	301	302
2.10.	Оснащённость объекта оснасткой и подъёмно-транспортными механизмами	303	304	305	306	307	308	309	310	311
2.11.	Качество инженерно-бытовых условий объекта	312	313	314	315	316	317	318	319	320
2.12.	Качество поставляемых материалов и изделий навесного фасада	321	322	323	324	325	326	327	328	329
2.13.	Природно-климатические факторы	330	331	332	333	334	335	336	337	338
2.14.	Качество генподрядной организации	339	340	341	342	343	344	345	346	347
2.15.	Квалификация бригад и ИТР монтажников фасадной системы организации	348	349	350	351	352	353	354	355	356
2.16.		357	358	359	360	361	362	363	364	365
2.17.		366	367	368	369	370	371	372	373	374
2.18.		375	376	377	378	379	380	381	382	383
2.19.		384	385	386	387	388	389	390	391	392



ООО «РЕСТ-МАСТЕР»

Адрес: 127411, г. Москва,
Дмитровское шоссе,
дом 157, стр. 9 оф. 94-023
tel./fax: (495) 989-77-38

Исх. 14-02/23
от «17» апреля 2023 г.

Акт

**о внедрении результатов диссертационного исследования
Ермакова Ивана Вячеславовича на тему
«Разработка системного подхода организации инструментального контроля
эксплуатационного качества навесных фасадов»
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Внедрение результатов диссертационной работы Ермакова Ивана Вячеславовича было выполнено при капитальном ремонте здания учебного корпуса ГБПОУ МО Красногорский колледж по адресу: МО, г. Волоколамск, пер. Ново-Солдатский, д.3.

Применение алгоритма расчёта комплексного показателя качества организационно-технических решений позволило оценить эффективность применяемых организационно-технических решений. Предложенная методика оптимизации организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов показала свою работоспособность и целесообразность. В качестве полученного результата достигнуто сокращение продолжительности проведения текущего контроля качества устройства навесного фасада на объекте внедрения.

Главный инженер



М.В.Орехов
М.В.Орехов