

На правах рукописи



Ермаков Иван Вячеславович

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

2.1.7. Технология и организация строительства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Лapidус Азарий Абрамович

Официальные оппоненты: **Байбурин Альберт Халитович**
доктор технических наук, доцент
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский
государственный университет (национальный
исследовательский университет)», кафедра
«Строительное производство и теория
сооружений», профессор

Кондрашкин Олег Борисович
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет»,
кафедра технологии строительства, заведующий
кафедрой

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-строительный
университет»

Защита состоится «27» июня 2024 г. в 11:00 (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.06, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» по адресу: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 9 студия «Открытая сеть».

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и на сайте www.mgsu.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Коротеев Дмитрий Дмитриевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (ГОСТ, 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) производителей НФ, Технических рекомендаций (только для города Москвы) и СТО. 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 специализированных 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 системой навесного фасада (СНФ), тем самым осуществляя профилактические мероприятия для обеспечения безопасности и надёжности фасадных конструкций.

На сегодняшний же момент в период эксплуатации объекта довольно часто проектная или исполнительная документации по СНФ 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. 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

разнообразии 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 СНФ. 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». Автором 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 КПК 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 и их параметров, влияющих на организацию контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий.

3. Разработка параметрической модели расчёта значений комплексного показателя качества организационно-технологических решений организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

4. Определение граничных и нормативного значений комплексного показателя качества организационно-технологических решений организации контроля эксплуатационного качества навесного фасада.

5. Разработка методики системного подхода в организации контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий.

6. Реализация методики системного подхода в организации контроля эксплуатационного качества навесного фасада 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 (синаптического веса) 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 (ИНС).

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.

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 проведённой работы.

Публикации

Материалы диссертации достаточно полно изложены в 3 научных публикациях 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 профессиональной литературы, 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы. Сформулирована цель работы и основные задачи. Приведена научная гипотеза, определены объект и предмет исследования. Показана научная новизна полученных результатов. Представлен личный вклад автора исследования.

Первая глава посвящена теоретическим аспектам организации инструментального контроля эксплуатационного качества гражданских зданий. В данной главе рассмотрено содержание научно-технической базы инструментального контроля качества, выполнен анализ организационно-технологических решений, применяемых на этапах проектирования и строительно-монтажных работ, а также анализ имеющейся системы контроля качества данных решений.

Проведён обзор литературы, в том числе нормативно-технической и методической, содержащей термины и понятия организационно-технологических решений, процедур и мероприятий контроля качества навесных фасадов, организации инструментального контроля качества. Проведён анализ нормативной базы с разделением на нормативы по требованиям к средствам контроля и нормативную документацию по правилам и методам применения средств

контроля.

Вторая 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, для определения порядка действий при проведении опыта использован метод планирования эксперимента. Для систематизации полученных данных был применён метод системного анализа.

В главе приводится описание наиболее важных составляющих комплексного показателя качества организации процесса инструментального контроля, дано определение системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного фасада гражданских зданий. По результатам исследования предложен перечень факторов, оказывающих влияние 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 влияющих факторов использован метод индивидуального экспертного опроса (метод экспертных оценок), в главе рассматриваются теоретические основы данного метода. Исследователем создаётся группа экспертов, формируются исходные данные для работы экспертов, показывается алгоритм выполнения индивидуального экспертного опроса. По результатам анализа полученных данных скомплектован набор влияющих факторов.

Формирование влияющих факторов и их параметров

Посредством метода планирования эксперимента автором выполнен поиск значимых факторов, оказывающих влияние на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества систем навесного

фасада гражданских зданий. Применяв метод системного анализа автор выполнил структуризацию, найденных факторов по трём группам жизненного цикла объекта. Результаты структуризации выявленных значимых факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Факторы, влияющие на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов 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

Продолжение Таблицы 1.

№ п/п	F _i	Фактор
1	2	3
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
3		Группа 3 – эксплуатационный период
3.1	F30	Качество исполнительной документации
3.2	F31	Срок с момента завершения работ по устройству СНФ.

Принимая во внимание мнение экспертов, на основе метода экспертных оценок автором определена степень влияния каждого фактора (синаптический вес) и выполнена детерминация факторов по параметрам.

При формировании экспертной группы, автором приняты следующие критерии:

1. Требования к экспертам. Автором определены 5 требований к экспертам, принимающим участие в исследовании
2. Оптимальное число опрашиваемых специалистов. По результатам расчёта требуемое количество экспертов составило не менее 5. Автором принято количество экспертов – 8.

В целом по результатам исследования выявлен **31 влияющий фактор** с детерминацией на **146 параметров**. Для формирования расчётной параметрической модели каждому фактору дана маркировка «F» с индексацией *i* (порядковое значение фактора от 1 до 31) и каждому параметру дана маркировка

«р» с индексацией от j (порядковое значение параметра от 1 до 146). Таким образом сформирован и промаркирован набор факторов с соответствующими параметрами, влияющий на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий.

Результаты данного этапа исследования представлен в таблице 2 на примере факторов F10, F15 и F30 из разных этапов жизненного цикла объекта.

Таблица 2. Факторы и их параметры, влияющие на процесс организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий

№ п/п	Марка фактора, F_i	Наименование фактора	Синаптический вес фактора	Марка параметра фактора, p_j	Параметр
1	Группа 1 – проектно-изыскательские работы				
1.1	F10	Сложность архитектурных и конструктивных решений	0,4	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
2	Группа 2 – строительно-монтажные работы				
2.1	F15	Квалификация исполнителей инструментального контроля	0,8	p87	Высшее техническое образование
				p88	Опыт в области обследования и проектирования гражданских зданий не менее 5 лет
				p89	Нахождение в реестре НОПРИЗ
3	Группа 3 – эксплуатационный период				
3.1	F30	Качество исполнительной документации	0,6	p141	Состав исполнительной документации достаточный для проведения контроля

Продолжение Таблицы 2.

№ п/п	Марка фактора, F_i	Наименование фактора	Синаптический вес фактора	Марка параметра фактора, P_i	Параметр
				p142	Наличие исполнительной документации в электронном виде
				p143	Степень детализации исполнительной документации

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.

Адаптировав программу под задачи исследования, проведя обучение ИНС на ряде примеров, строящихся и завершённых строительством гражданских зданий с навесными фасадами, рассчитывается 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 в динамике определять значения комплексного показателя качества. Благодаря адаптации ИНС происходит многофакторный анализ больших данных, что позволяет говорить о высокой степени достоверности получаемых результатов.

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

Третья глава представляет построение математической модели на базе искусственной нейронной сети (ИНС) для выработки системного подхода к организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесных фасадов гражданских зданий.

Показаны этапы по формированию системы в рамках метода с учётом подготовленной информации – выявленных факторов и параметров, а также значений параметров с помощью метода экспертных оценок.

В главе приводится формирование методики повышения комплексного показателя качества организационно-технологических решений при выполнении контроля на основе рекомендаций по оптимизации контрольных мероприятий и процедур.

Алгоритм вычисления комплексного показателя качества.

С целью достижения достоверных результатов и ускорения процесса расчёта разработана последовательность вычисления комплексного показателя качества организационно-технологических решений выполнения

инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада гражданских зданий, с учётом действий по корректировке - разработке рекомендаций, позволяющих добиться результатов, удовлетворяющих заданным требованиям. Схема последовательности вычисления комплексного показателя качества представлена на рисунке 1.

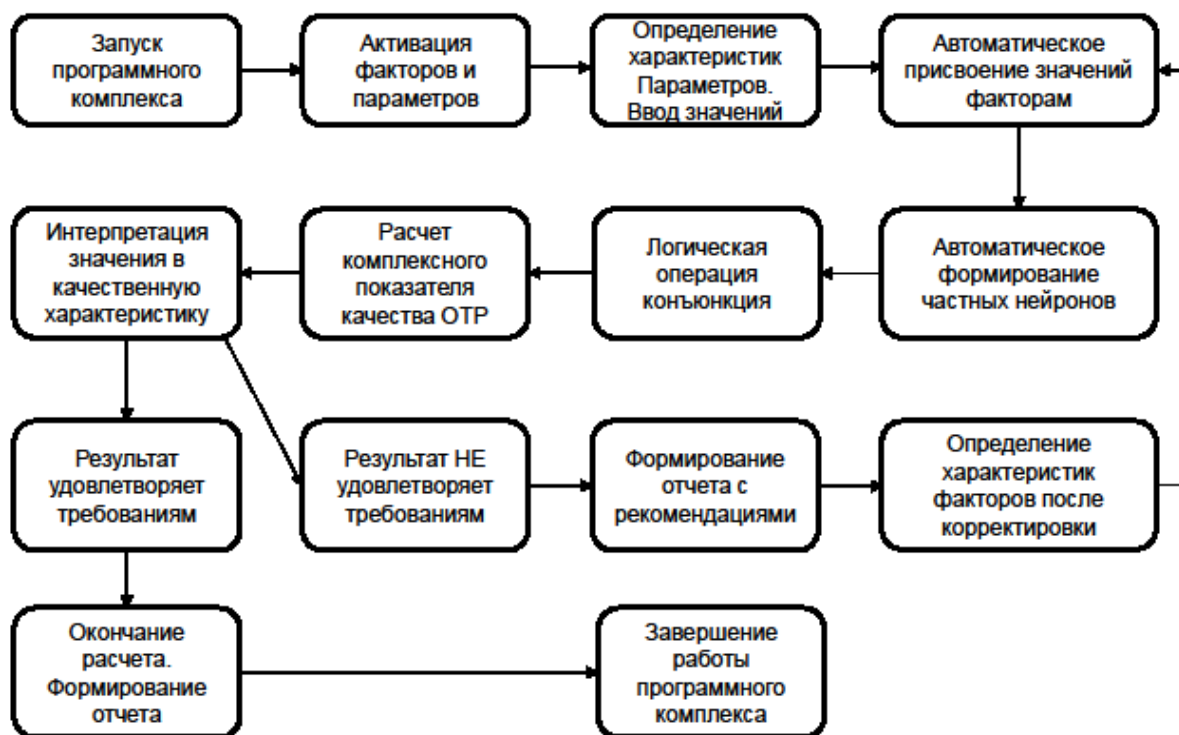


Рисунок 1 – Последовательность вычисления комплексного показателя качества

Интерпретация значений комплексного показателя качества.

В разработанной параметрической модели значения комплексного показателя качества формируются на основе 31 влияющего фактора и 146 соответствующих параметров, что даёт диапазон возможных значений от 0 до 61,8. При максимальном значении комплексного показателя качества, равном 61,8, сокращение сроков возможно на 20 % от запроектированных (обратно пропорционально). При значении, равном нулю, сроки могут превысить проектные в 3 раза. 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 в сравнении с проектными, и чем ближе к нулю, тем больше сроки, превышающие проектные.

Программа расчёта комплексного показателя качества.

В соответствии разработанной автором параметрической модели выполнена программа расчёта на базе программного обеспечения «Microsoft Office Excel 2007». Скриншот экрана при работающей программе по объекту внедрения приведён на рисунке 2.

№ п/п	F _i	Фактор	Синтаксический вес (степень влияния)	№ п/п	p _j	Параметр	Значение параметра			Сумма фактов	Постсинтаксический потенциал	Порог активности	Постсинтаксический потенциал
							Нет	Есть	Факт				
							W _{kj}	χ _j	Σχ _j				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2.15	F28	Квалификация бригад и ИТР монтажников фасадной системы организации	0,5	2.15.3	p136	Периодичность подтверждения, повышения рабочей квалификации	0	1	0	1	0,5	1	0,5
2.16	F29	Строительно-монтажные работы по устройству навесной фасадной системы	0,2	2.16.1	p137	Входной контроль материалов навесной фасадной системы	0	1	0	1	0,2	1	0,2
				2.16.2	p138	Своевременное выполнение работ	0	1	0				
				2.16.3	p139	Соответствие нормативно-техническим требованиям, проектной и рабочей документации	0	1	1				
				2.16.4	p140	Наличие сотрудника внутреннего контроля качества	0	1	0				
3		Группа 3 – эксплуатационный период											
3.1	F30	Исполнительная документация	0,6	3.1.1	p141	Состав исполнительной документации достаточный для проведения контроля	0	1	1	1	0,6	1	0,6
				3.1.2	p142	Наличие исполнительной документации в электронном виде	0	1	0				
				3.1.3	p143	Степень детализации исполнительной документации	0	1	0				
3.2	F31	Срок с момента завершения работ по устройству СНФ.	0,4	3.2.1	p144	Срок эксплуатации без текущего и капитального ремонта	0	1	1	1	0,4	1	0,4
				3.2.2	p145	Срок эксплуатации до 3 лет	0	1	0				
				3.2.3	p146	Срок эксплуатации включает инструментальный контроль	0	1	0				
Комплексный показатель качества организации инструментального контроля эксплуатационного качества навесного фасада (Q ₂):													31,3
													неудовлетворительно

Рисунок 2 – Скриншот экрана при работающей программе расчёта комплексного показателя качества

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

Методика включает в себя шесть стадий:

Стадия 1. Выявление и анализ исходных данных для организации инструментального контроля навесных фасадов. Формирование актуального перечня факторов и их параметров для конкретного объекта.

Стадия 2. Запуск программы ЭВМ, ввод исходных значений параметров. Ручной режим присвоения значений параметрам актуальных факторов в программе: 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.

Стадия 4. Формирование отчёта. Разработка рекомендаций.

Стадия 5. Корректировка организационно-технологических решений на базе рекомендаций. Ввод обновленных после корректировки исходных данных. Автоматизированный расчёт по скорректированным параметрам.

Стадия 6. Завершение расчета при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества организационно-технологических решений.

В четвёртой главе осуществлено внедрение результатов исследования при выполнении контроля качества фасадных работ в составе капитального ремонта здания учебного корпуса Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Московской области «Красногорский колледж», расположенного по адресу: Московская область, г. Волоколамск, переулок Ново-Солдатский, дом 3. Сформированы предложения для повышения эффективности организации контрольных мероприятий.

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.

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 результате первичного расчёта общего показателя качества организационно-технических решений при проведении контроля получилось значение показателя, равное 20,1 «неудовлетворительно».

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».

Время возведения конструкций навесного фасада здания после реализации рекомендованных мероприятий для оптимизации организационно-технических решений проведения контроля сократилось на 3 % (10 дней) в сравнении с проектным сроком строительства.

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. 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. 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 вычисления комплексного показателя качества проведения контроля устройства навесных фасадов гражданских зданий математический аппарат на основе искусственной нейронной сети.

3. 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 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.

4. 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.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией:

1. 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

2. Ермаков И.В., Лapidус А.А. Формирование системного подхода в организации инструментального контроля качества навесного фасада на основании нормативной базы / А. А. Лapidус, И. В. Ермаков // Инженерный вестник Дона. - 2023. - №5 (2023). - ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8377

3. 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, А.Е. Боровкова, Д.В. Семенов // Строительное производство. – 2023. – № 2 (46)'2023. – С.71-75