

На правах рукописи



Муря Вадим Александрович

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

05.02.22 – Организация производства (строительство)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) на кафедре «Технологии и организация строительного производства».

Научный руководитель:

Лapidус АзариИ АбрамовИч,

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Красновский Борис Михайлович,

доктор технических наук, профессор,
научный консультант, АНО «Центр содействия в развитии образования и научных исследований «Эксперт»»

Кондрашкин Олег БорисовИч,

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технологии строительства», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж.

Защита состоится 3 июня 2022 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.355.01 при ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» по адресу: 153000, г. Иваново, Шереметьевский проспект, д. 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (www.ivgpi.com).

Автореферат разослан «__» апреля 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., доцент

Л.А. Опарина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современный строительный рынок диктует жесткие правила производительности труда, качества продукции, оптимальности и экономичности процессов. Потребность в инструменте оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий является значимым вопросом в процессе строительства. В области организации строительного производства основную роль играют принимаемые организационно-технологические решения (ОТР), оказывающие прямое влияние на процессы и результат строительной деятельности.

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

Комплексный показатель качества организационно-технологических решений объединяет в себе основные факторы, влияющие на организацию процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий для достижения соответствия утвержденной проектной документации, надежности и безопасности конструкций.

Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов, представляющая из себя возможность сокращения сроков возведения конструктивных элементов монолитных зданий за счет применения

эффективных ОТР, либо за счет корректировки малоэффективных ОТР, характеризующихся комплексным показателем качества, является актуальной задачей в области исследования.

Степень разработанности темы исследования определена посредством анализа научно-технической литературы зарубежных и отечественных авторов. Системы интеллектуального анализа качества строительной продукции активно разрабатываются и внедряются по всему миру. Строительная отрасль является наиболее сложной с точки зрения регламентирования элементов организационно-технических решений, что требует детального ранжирования оцениваемых факторов и параметров. Многие аспекты данного направления освещены в научных трудах как частные элементы без учета их комплексной системной взаимосвязи на основе комплексного показателя качества.

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

По результатам литературного обзора зарубежных и отечественных источников не установлено наличие научных исследований, учитывающих взаимное влияние факторов и параметров в составе параметрической модели в рассматриваемой области исследования. Отсутствует структурный механизм оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

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

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

Задачи исследования:

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

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

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

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

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

Объект исследования – процесс возведения конструктивных элементов монолитных многоэтажных зданий.

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

Научная новизна исследования:

1. Введен термин «комплексный показатель качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий», подразумевающий под собой системную характеристику эффективности применяемых организационно-технических решений.

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

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

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

Теоретическая значимость исследования:

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

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

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

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

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

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

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

Результатом внедрения методики может стать оптимизация процессов в целевых организациях при инженерных изысканиях, проектировании и при выполнении строительного-монтажных работ. С учетом динамичности разработанной модели административный персонал получает инструмент,

прогнозирующий результат деятельности на всех этапах строительного производства, что в свою очередь оказывает положительный эффект за счет снижения трудозатрат и сокращения продолжительности возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

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

Базой для формирования математического аппарата послужила методология программирования искусственных нейронных сетей (ИНС). В основе методологии лежат такие науки, как нейрофизиология, математика, статистика, физика, компьютерная наука и техника.

Положения, выносимые на защиту:

1. Перечень факторов, влияющих на организацию процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

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

3. Алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий.

4. Методика оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений.

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

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

Личный вклад автора. Научное исследование проводилось автором самостоятельно. Все результаты исследования получены лично автором. Автором проведен литературный обзор по теме диссертации, определены методы и методология исследования, подготовлен и проведен экспертный опрос, построена математическая модель исследования, математическая модель реализована автором в виде программного комплекса для ЭВМ. Автор самостоятельно произвел обучение ИНС на обучающей выборке прецедентов. На основании созданной модели автор разработал алгоритм расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений, методику оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий, адекватное функционирование которой

подтверждено результатами апробации и внедрения, проведенного автором при сопровождении строительства объекта.

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

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит общее описание диссертационного исследования, представлены характеристики, перечисленные в разделе «Общая характеристика работы» автореферата.

Глава 1 содержит обзор теоретических основ организации строительства. Произведено исследование организационно-технических решений при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Приводится состав и структура ОТР, выполнен обзор существующих методик и способов оптимизации. Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий означает формирование комплекса наилучших либо корректировку принятых ОТР для снижения трудозатрат и экономии ресурсов.

Рассматриваются ОТР на различных этапах строительного производства: проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы. Приводится основная нормативно-техническая база возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Также выполнен обзор научных исследований на тему диссертации, при этом не выявлено научных исследований, направленных на

комплексное изучение влияющих факторов при организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий.

Глава 2 содержит описание принципов, применяемых для решения задач исследования. Анализируются методологические основы вспомогательных механизмов, позволяющих обоснованно подойти к расчету комплексного показателя качества ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. В качестве инструментов для организации опыта использован метод планирования эксперимента, а для систематизации накопленных данных использован метод системного анализа. Раскрыты основные положения методологических основ, подобраны и реализованы алгоритмы действий.

Описаны основные составляющие показателей качества отдельных процессов, дано определение комплексному показателю качества ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий, где показатель качества – в общем понимании это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации, или потребления.

Сформирован перечень влияющих факторов и произведена детерминация факторов на параметры с характеристикой и обоснованием важности. Рассматриваются теоретические основы индивидуального экспертного опроса (метод экспертных оценок), производится формирование группы экспертов, предоставляются исходные данные для реализации метода и описывается процесс проведения опроса. Анализируются полученные данные и формируется перечень влияющих факторов.

Проведены анализ и изучение искусственных нейронных сетей (ИНС). Формируется структура элементов ИНС, задается архитектура нейронов. Производится адаптация математического аппарата в виде ИНС для расчета комплексного показателя качества.

В результате проведенного эксперимента сформирован перечень влияющих факторов.

Группа 1– проектно-изыскательские работы:

1. Качество инженерно-геологических изысканий;
2. Качество инженерно-геодезических изысканий;
3. Качество инженерно-экологических изысканий;
4. Качество проектной документации;
5. Качество рабочей документации.

Группа 2 – строительно-монтажные работы:

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

В главе рассматриваются искусственные нейронные сети как математический аппарат для расчета комплексного показателя качества ОТР при возведении конструктивных элементов монолитных зданий. Формируется параметрическая модель, содержащая 19 факторов, влияющих на процесс возведения конструктивных элементов монолитных зданий, детерминированные на 55 параметров (рисунок 1).

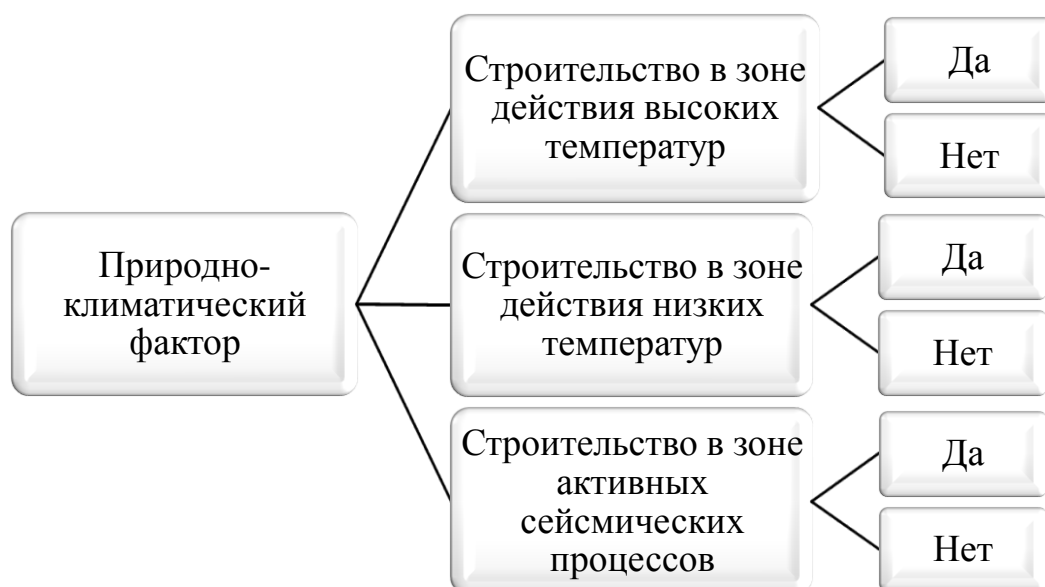


Рисунок 1 – Структура детерминированного фактора «природно-климатический фактор»

В Главе 3 раскрываются основы проектирования искусственной нейронной сети, адаптированной для решения поставленных в диссертационном исследовании задач. Описывается принцип работы ИНС применительно к организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий. Формируются слои искусственной нейронной сети:

Слой № 1. Входной сигнал. Сенсор g , содержащий значение входного сигнала x_g – значение параметра (например, своевременный приемочный контроль выполненных работ, постоянное присутствие сотрудников авторского надзора и другие), располагается на первом слое системы ИНС. Входной сигнал параметра может иметь значение 0 либо 1.

Слой № 2. Сумматор. Адаптация расчетной модели происходит за счет установки значений входных сигналов, после чего алгоритм расчета переводит сигнал в поле «сумматор Σ ». В зависимости от количества параметров внутри фактора (например, качество службы технического заказчика, качество строительного контроля и другие), значения распределяются в диапазоне от 0 до 5, включая 0 и 5.

Слой № 3. Синаптические веса. Значения параметров суммируются в рамках каждого фактора по отдельности, создавая основную часть показателя

постсинаптического потенциала. При этом важной фиксированной составляющей постсинаптического потенциала является синаптический вес нейрона W_k (значимость фактора). Синаптический вес каждого фактора установлен в результате экспертного опроса и изначально задан в параметрической модели.

Слой № 4. Постсинаптический потенциал. Постсинаптический потенциал V (значение влияющего фактора с учетом его синаптического веса) формируется при назначении синаптического веса сумме значений параметров внутри каждого фактора системы. Данный слой ИНС объединяет в себе сигналы, полученные на предыдущих слоях нейрона, и формирует представление об эффективности принятых ОТР в части определенного вида работ.

Слой № 5. Функция активации. Получив значение постсинаптического потенциала, сигнал переходит в следующее поле нейрона (пятый слой ИНС) – «порог активации».

Процесс машинного расчета можно представить в виде ряда уравнений:

$$V_k = \sum x_i \times W_{kj} \quad (1)$$

где x_j – значение входного сигнала;

W_{kj} – синаптический вес фактора.

Условием активации для фактора является неравенство, представленное в виде:

$$\varphi_v = \begin{cases} 1, & \text{если } V_k \geq W_{kj} \\ 1, & \text{если } V_k < W_{kj} \end{cases} \quad (2)$$

где φ_v – функция активации нейрона

$$y = V_{k1} + V_{k2} + V_{k...} + V_{kn}, \quad (3)$$

где y – выходной сигнал параметрической модели.

Общую архитектуру искусственной нейронной сети можно представить в виде схемы (рисунок 2).

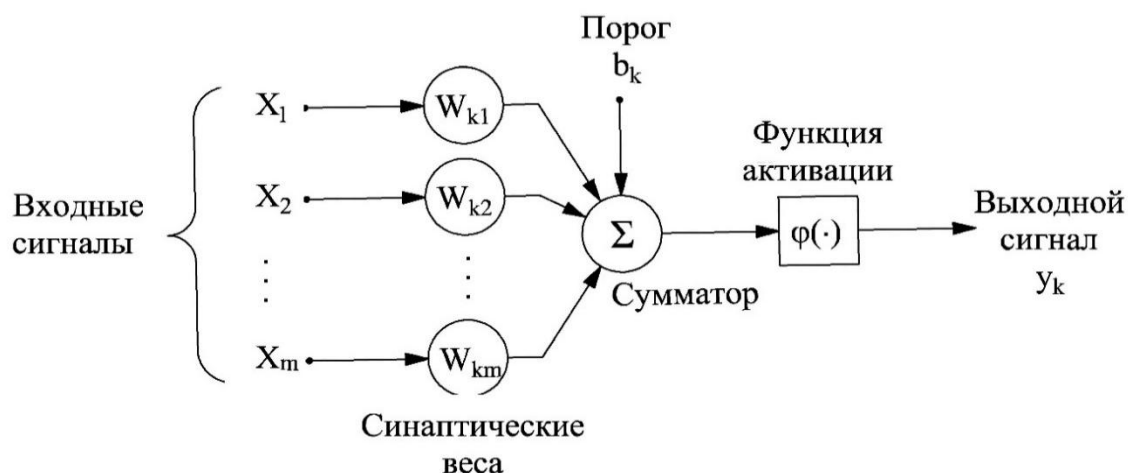


Рисунок 2 – Общая архитектура искусственной нейронной сети в составе параметрической модели

Выходной сигнал. Искомое значение комплексного показателя качества организационно-технических решений формируется из суммированных значений сигналов предыдущего скрытого слоя нейрона k , содержащего влияющий фактор.

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

Нормальное значение комплексного показателя качества ОТР рассчитано на базе выборки фактических значений комплексного показателя качества ОТР при наличии статистических данных с 30 объектов, завешенных строительством, и составляет 22,8. В таком случае при нормальном значении комплексного показателя качества ОТР срок возведения конструктивных элементов равен нормативному (утвержденному в проекте организации строительства).

В главе развернуто описывается область применения комплексного показателя качества ОТР с привязкой к влияющим факторам (Таблица 1).

Таблица 1 – Элемент главного поля параметрической модели

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

Определяются границы значений комплексного показателя качества, опытным путем устанавливается нормальное значение комплексного показателя качества ОТР (рисунок 3) на базе экспериментальных данных с объектов капитального строительства. При помощи вербально-числовой шкалы желательности Харрингтона присваиваются качественные характеристики «удовлетворительно» (в диапазоне от 22,8 включительно до 31,2) или «неудовлетворительно» (в диапазоне от 0 до 22,8).

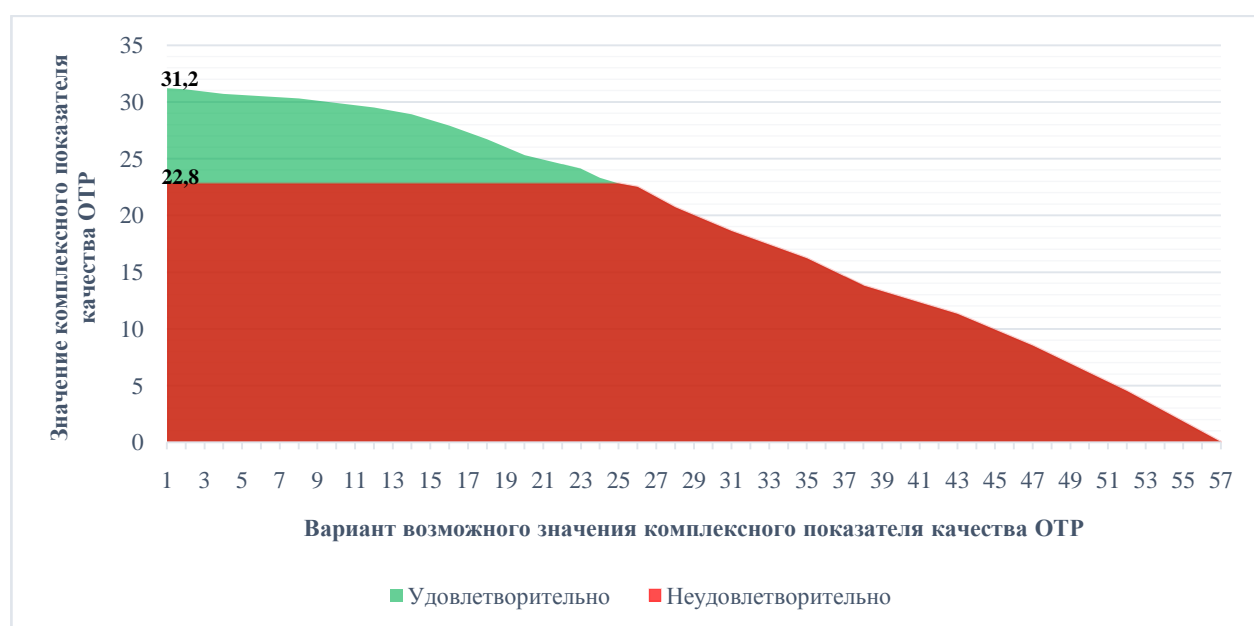


Рисунок 3 – Области значений комплексного показателя качества ОТР

Приведено описание процесса формирования алгоритма расчета комплексного показателя качества ОТР:

Шаг 1 – Сбор исходных данных. Первым обязательным действием оператора является сбор фактических данных с объекта строительства. Важно понимать степень строительной готовности объекта.

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

Шаг 2 – Установление значений параметров. Требуется установить значения параметров параметрической модели на базе проанализированной документации в поле «значение входного сигнала x ». Заполнение полей осуществляется оператором в любой последовательности.

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

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

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

Шаг 5 – Корректировка ОТР. Требуется произвести корректировку организационно-технических решений по рекомендациям, сформированным для каждого параметра. После реализации рекомендованных мероприятий итерации повторяются с момента запуска программного комплекса (шаг 1) до момента получения значения комплексного показателя качества ОТР «удовлетворительно» (шаг 3). Протокол сформирован, окончание работы программного комплекса. Таким образом, полный цикл расчета (рисунок 4) может быть завершен при достижении удовлетворительного значения комплексного показателя качества ОТР.

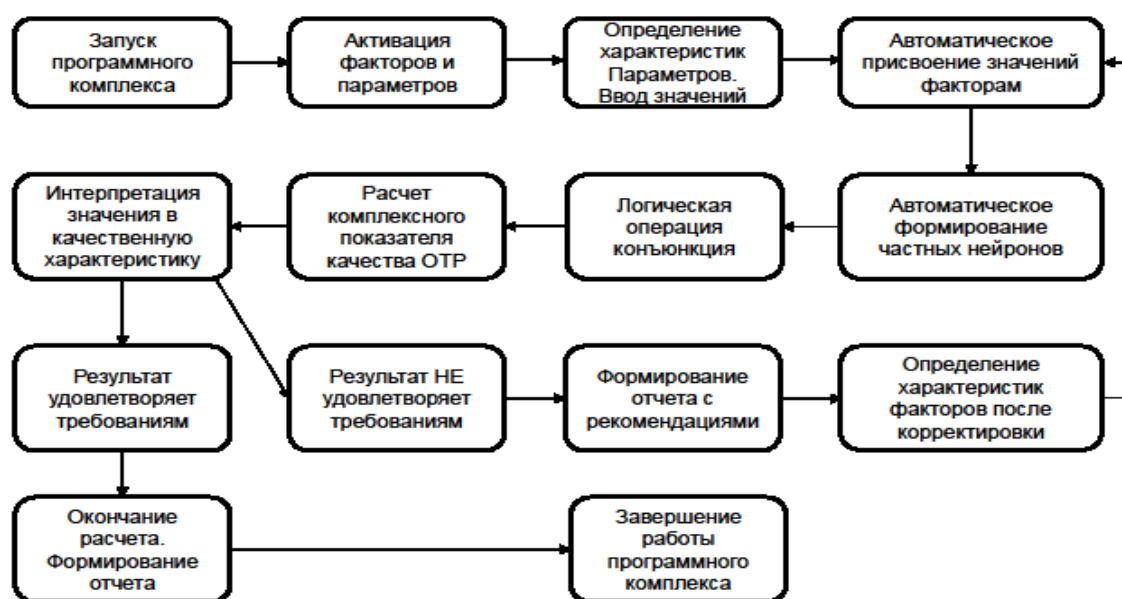


Рисунок 4 – Алгоритм расчета комплексного показателя качества ОТР

Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий достигается за счет комплексного применения эффективных ОТР, либо за счет корректировки малоэффективных ОТР, характеризующихся комплексным показателем качества, и может быть

представлена в виде зависимости от срока возведения конструктивных элементов (рисунок 5). При значении 22,8 фактический срок возведения соответствует нормативному (принятому в проекте организации строительства). Оптимизация по критерию сроков возведения происходит в диапазоне значений комплексного показателя качества ОТР свыше 22,8.

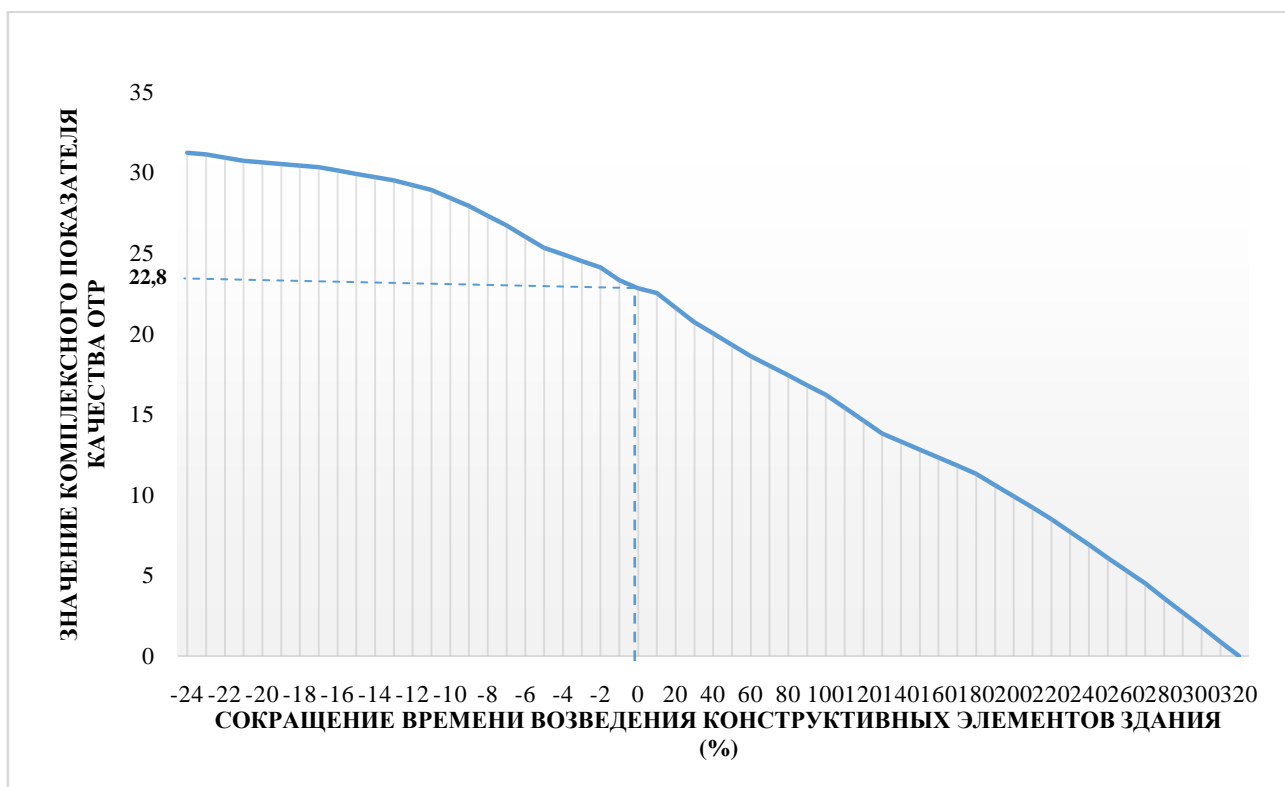


Рисунок 5 – График зависимости значения комплексного показателя качества ОТР от сроков возведения конструктивных элементов зданий

В главе формируется методика оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов на основе комплексного показателя качества ОТР. Обучение ИНС в параметрической модели происходит по мере получения новых прецедентов с объектов, завершенных строительством, т. е. при наличии достоверных данных о каждом факторе и конечном результате строительства. Разрабатываются рекомендации по оптимизации ОТР для повышения значения комплексного показателя качества.

В главе 4 приводится описание практического применения методики оптимизации организации ОТР при возведении конструктивных элементов

зданий. Разработана программа для ЭВМ «Параметрическая модель оценки оптимизационных характеристик производственных процессов возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений».

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

Внедрение результатов диссертационного исследования в виде алгоритма расчета комплексного показателя качества ОТР и методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов произведено на объекте строительства: многофункциональный жилой комплекс, г. Москва, Ореховый бульвар, 24, корпус 2. Общая площадь здания составляет 125 609,8 м², строительный объем 487 522,2 м³, количество этажей 30 + 1 подземный, площадь застройки составляет 4139,8 м², высота здания 99,95 м, сейсмостойкость 5 и менее баллов, назначение объекта жилое, стоимость строительства 12 742 654 720,00 руб., стоимость возведения конструктивных элементов 3 822 796 416,00 руб.

Перед началом расчета комплексного показателя качества ОТР автором диссертационного исследования были проанализированы исходные документы и принятые ОТР. Первый запуск параметрической модели сопровождался выбором этапа строительного производства – строительного-монтажные работы, а также присвоением значений параметрам модели. Значение комплексного показателя качества ОТР при первом расчете составило 19,4, что является

неудовлетворительным и требует произвести корректировку ОТР в соответствии с рекомендациями. В результате второго расчета комплексного показателя качества ОТР после внедрения методики оптимизации организации возведения конструктивных элементов здания (таблица 2) и применения рекомендаций получено удовлетворительное значение 24,9.

Таблица 2 – Результаты внедрения методики

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

В итоге сокращение сроков возведения конструктивных элементов здания составило 27 дней, сокращение стоимости работ составило 4 % от общей стоимости возведения конструктивных элементов здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Выявлено отсутствие системного механизма оптимизации организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества. Существующие методы и способы оптимизации организации возведения конструктивных элементов не обладают комплексным подходом и учитывают только локальные факторы на определенном этапе строительства. Разрозненное применение таких мероприятий не приводит к оптимизации организации процесса возведения

конструктивных элементов монолитных зданий. Проведенные исследования показали важность комплексного подхода при формировании эффективных организационно-технических решений для организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий, а также необходимость их корректировки при выявлении недостаточного значения комплексного показателя качества.

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

3. Для определения эффективности применяемых организационно-технических решений сформирован алгоритм расчета и предложена авторская параметрическая модель на базе искусственной нейронной сети для расчета комплексного показателя качества организационно-технических решений, учитывающая влияющие факторы и параметры на всех этапах строительства. Произведена настройка параметрической системы, установлены граничные и нормальные значения комплексного показателя качества ОТР. Установлена зависимость между сроком возведения конструктивных элементов монолитных зданий и комплексным показателем качества организационно-технических решений.

4. Разработана методика оптимизации организации возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений, содержащая 7 шагов реализации. Системный подход к влияющим факторам и их детерминация позволили учесть влияние на организацию процесса на трех уровнях: состояние параметров – характеристика ресурсов и окружающей среды; состояние факторов – характеристика организационных структур;

комплексный показатель качества – комплексная характеристика эффективности организации процесса. Предложенные рекомендации для повышения эффективности организационно-технических решений позволяют привести как единичные показатели факторов, так и комплексный показатель качества в целом к нормальному значению.

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

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

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

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

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

1. Лapidус А. А., Муря В. А. Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 3–9.

2. Лapidус А. А., Муря В. А. Искусственные нейронные сети как математический аппарат для расчета комплексного показателя качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов многоэтажных железобетонных зданий // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 7 (97). – С. 28–34.

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

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

5. Токарский А. Я., Топчий Д. В., Музыченко С. Г., Муря В. А. Организация строительства объектов гражданского назначения в современных условиях // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 54–61.

По результатам исследования получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

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 регистрации программы для ЭВМ, рег. № RU 2021619403 от 09.06.2021. – Москва : Роспатент, 2021.

Подписано в печать 01.04.2022. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Плоская печать.
Усл. печ.л.1,16.Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 100 экз.
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Центр печати УИРиК ФГБОУ ВО «ИВГПУ»
☒153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21