

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Никулиной Юлии Александровны на тему:
**«Управление жизненным циклом гражданских зданий
с железобетонным каркасом
с учетом влажностных условий их эксплуатации»,**
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

На отзыв были представлены:

– диссертационная работа, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, содержащего 181 наименование, 8 приложений; объем работы изложен на 192 страницах машинописного текста, включающего 24 таблицы и 57 рисунков;

– автореферат диссертации на 24 страницах.

Изучение и анализ представленных материалов показали следующее.

Актуальность диссертационной работы

В настоящее время в России все большее значение уделяется повышению эффективности управления жизненным циклом объектов капитального строительства. Здания с железобетонным каркасом традиционно составляют наибольшую долю существующих и возводимых объектов, однако их длительная эксплуатация сопровождается воздействием нестационарных влажностных условий окружающей среды, которые существенно влияют на деформативно-прочностные характеристики бетона и несущую способность конструкций. Существующие методики расчета длительной прочности зачастую не учитывают вариативность влажностных режимов в помещениях и не позволяют с достаточной точностью прогнозировать сроки исчерпания остаточного ресурса, что ограничивает возможности своевременного планирования ремонтов, реконструкции и продления срока безопасной эксплуатации зданий. Внедрение искусственных нейронных сетей для интерпретации результатов обследований и построения прогностических моделей деградации несущей способности железобетонных конструкций гражданских зданий позволяет количественно оценить влияние влажностных факторов на напряженно-деформированное состояние элементов и обеспечить принятие обоснованных управленческих решений.

Управление жизненным циклом гражданских зданий с железобетонным каркасом включает этапы проектирования, эксплуатации, ремонта и реконструкции. Данные этапы требуют комплексного подхода, учитывающего изменчивость влажностных условий эксплуатации, а также интеграции интеллектуальных систем для повышения надежности прогнозов остаточного ресурса железобетонных конструкций. Использование нейросетевого прогнозирования сроков исчерпания несущей способности железобетонных конструкций гражданских зданий на всех этапах их жизненного цикла позволяет оптимизировать конструктивные параметры на стадии проектирования (увеличивая срок безопасной эксплуатации до 30 %), адаптировать режимы эксплуатации в реальном времени и своевременно назначать ремонтно-восстановительные мероприятия (обеспечивая увеличение срока безопасной эксплуатации до 10 %), что, в свою очередь, снижает риски преждевременного отказа конструкций, повышает экономическую эффективность эксплуатации и уменьшает необходимость в дорогостоящей реконструкции объектов капитального строительства.

Таким образом, исследование, направленное на разработку методики управления жизненным циклом гражданских зданий с железобетонным каркасом с учетом влажностных условий их эксплуатации на основании прогнозируемого срока исчерпания несущей способности железобетонных элементов, является актуальной и значимой научной и практической задачей, которая способствует достижению устойчивого развития в строительной отрасли и подтверждает, что выполненная Никулиной Юлией Александровной диссертационная работа является, несомненно, актуальной.

Об актуальности избранной темы работы также свидетельствует выполнение исследований в рамках проекта №Оф-14/23 программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг.

Общая характеристика работы

Во **введении** обоснована актуальность темы, связанной с необходимостью повышения эффективности управления жизненным циклом гражданских зданий с железобетонным каркасом за счет учета влияния влажностных условий эксплуатации на деградацию несущих конструкций. Показана степень разработанности проблемы, отмечена недостаточность существующих методик прогнозирования длительной прочности бетона с учетом переменной влажности. Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Представлены основные положения, выносимые на защиту, сведения о

достоверности результатов, а также данные об апробации и внедрении результатов.

В первой главе проведен анализ современного состояния вопроса в области управления жизненным циклом объектов капитального строительства. Рассмотрены существующие подходы и выявлены факторы, влияющие на продолжительность жизненного цикла зданий. Выполнен аналитический обзор отечественных и зарубежных исследований, посвященных влиянию длительного воздействия влажностных условий на деформативно-прочностные характеристики бетона при сжатии и растяжении. Обоснована необходимость разработки новой методики, учитывающей влажностные условия эксплуатации для прогнозирования остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций гражданских зданий.

Во второй главе сформулированы цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования. Разработана структура модели искусственной нейронной сети (ИНС) для прогнозирования остаточного ресурса железобетонных конструкций гражданских зданий. Описаны этапы формирования обучающего нейросетевого датасета, включающего климатические параметры, характеристики конструкций и условия их эксплуатации. Представлен алгоритм построения, оптимизации и валидации модели ИНС, обоснован выбор метода обучения и функции активации.

В третьей главе разработана методика определения сроков безопасной эксплуатации несущих железобетонных конструкций с учетом различных влажностных условий. На основе энергетического подхода (постулата В.М. Бондаренко) выполнено трансформирование диаграмм деформирования бетона из режима кратковременного центрального сжатия и растяжения в режим длительного неоднородного нагружения. Уточнены параметры предельных сопротивлений и относительных деформаций бетона для трех диапазонов влажностных условий (благоприятные, нормальные, неблагоприятные) в зависимости от класса бетона. Предложены аналитические зависимости для определения напряженно-деформированного состояния изгибаемых и внецентренно сжатых элементов в любой момент времени эксплуатации.

В четвертой главе описан процесс формирования репрезентативного обучающего датасета, включающего данные за 50 лет эксплуатации. Проведена оптимизация архитектуры ИНС по критериям минимизации среднеквадратической ошибки и предотвращения переобучения. Выполнено обучение и тестирование модели; показано, что коэффициент детерминации на тестовой выборке достиг 0,88, а распределение остатков соответствует

нормальному закону. Проведена внешняя валидация модели на независимом датасете, подтвердившая ее обобщающую способность.

В пятой главе разработан механизм принятия управленческих решений на этапах проектирования и эксплуатации гражданских зданий с железобетонным каркасом. Предложена процедура интерпретации прогнозных значений остаточного ресурса, полученных с помощью обученной ИНС. Выполнена оценка экономической эффективности предлагаемого подхода и показано, что за счет корректировки влажностного режима и повышения класса бетона срок службы может быть увеличен на 30 % на этапе проектирования и на 10 % на этапе эксплуатации, а экономическая целесообразность составляет 13,38 %. Представлены результаты апробации разработанной методики в производственных условиях и в учебном процессе.

В заключении соискателем представлены научные положения и основные результаты, подтверждающие выдвинутую рабочую гипотезу для решения сформулированных задач, а также приводятся рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

**Степень обоснованности научных положений,
выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,
их достоверность и научная новизна**

Автор в своих исследованиях опирается на результаты фундаментальных и прикладных исследований длительной прочности железобетонных конструкций. При разработке исследовательского подхода и проведении численного эксперимента применялись современные методы системного анализа, математического моделирования и статистической обработки данных. Применительно к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства использовались системный, ситуационный, критериальный и другие подходы.

Основные выводы, представленные в заключении диссертации и автореферате диссертации, отражают содержание и результат проведенных исследований, раскрывают полноту решения поставленных в работе задач.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечена применением научных принципов и обоснована выполненным комплексом исследований, в котором использовались различные методы. Также обеспечена сопоставимость полученных результатов с общепринятыми данными, фактами и работами российских и зарубежных исследователей. Выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, получили положительную апробацию и внедрение в строительной отрасли в проектной организации ООО «Центрогиппроруда»

(Белгород) при разработке проекта реконструкции административно-бытового корпуса Михайловского ГОКа им. А. В. Варичева в г. Железнодорожск (Курская обл.), а также на предприятии ООО «ЭКОМИР ЖБК-1» (Белгород) при проведении мониторинга технического состояния железобетонных конструкций в эксплуатируемых зданиях на ул. Виктора Лосева в г. Белгород с разработкой рекомендаций, обеспечивающих повышение срока их безопасной эксплуатации.

Новизна диссертационной работы заключается в разработке обоснованного и экспериментально подтвержденного организационно-технического решения, заключающегося в совершенствовании механизмов управления жизненным циклом объектов капитального строительства с разработкой модели искусственной нейронной сети для прогнозирования сроков исчерпания несущей способности несущих железобетонных конструкций каркасных гражданских зданий с учетом влажностных условий их эксплуатации.

Разработана методика прогнозирования деформативно-прочностных свойств бетона несущих железобетонных конструкций с учетом влажностных условий для оценки параметров их напряженно-деформированного состояния в различные периоды длительной эксплуатации с определением остаточного ресурса.

Разработана модель искусственной нейронной сети для оценки и прогнозирования остаточного ресурса объекта капитального строительства с учетом влажностных условий его эксплуатации и предложен механизм оптимизации модели посредством оценки влияния ее архитектуры на время обучения и точность прогноза.

Разработаны научно-теоретические основы технологии управления жизненным циклом гражданских зданий с железобетонным каркасом, базирующиеся на нейросетевом прогнозировании значений остаточного ресурса несущих конструкций с учетом влажностных условий их эксплуатации и предложении на его основе рациональных технических решений по увеличению срока безопасной эксплуатации объектов капитального строительства.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Дополнены теоретические представления о возможности применения искусственной нейронной сети для прогнозирования остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций каркасных гражданских зданий с учетом влажностных условий их эксплуатации.

Обоснованы параметры предельных сопротивлений и деформаций бетона при его неоднородном сжатии и растяжении для трех граничных случаев влажностных условий эксплуатации железобетонных конструкций в составе каркасных гражданских зданий.

Разработана методика определения напряженно-деформированного состояния изгибаемых и внецентренно сжатых несущих железобетонных конструкций каркасных гражданских зданий в различные периоды их эксплуатации с учетом влажностных условий.

Предложен механизм принятия управленческих решений для гражданских зданий с железобетонным каркасом, способствующий увеличению срока безопасной эксплуатации до 30 % на этапе проектирования и до 10 % на этапе эксплуатации на основе использования методики определения параметров напряженно-деформированного состояния несущих железобетонных конструкций при длительных нагрузках в зависимости от влажностных условий окружающего воздуха в помещениях.

Оценка публикаций автора

По материалам диссертации опубликовано 15 публикаций, в том числе 6 статей в российских журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ. Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025683583 и № 2020616406, а также свидетельство о регистрации ноу-хау № 20260004. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Никулиной Ю.А.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В таблице 3.2 на странице 69 текста диссертации приведены результаты расчетов деформативно-прочностных характеристик бетонов применительно к неоднородному длительному сжатию с учетом влажностных условий на завершающем этапе эксплуатации гражданских зданий для бетонов классов В10-В60 с шагом 5. Возможно ли использование интерполяции или экстраполяции для получения значений деформативно-прочностных характеристик бетонов классов В12,5, В22,5 и т.д., или необходимо производить расчет для каждого класса отдельно?

2. На страницах 116-117 текста диссертации приведены рисунки 4.3-4.6, на которых отображены климатические параметры (температура, относительная влажность наружного воздуха, атмосферное давление и скорость ветра) для г. Белгород, однако не указаны периодичность сбора данных (среднесуточная, среднемесячная) и неясно, в качестве входных

параметров нейросети используются именно эти значения без какой-либо предварительной обработки (например, скользящего среднего)?

3. В пункте 4.2 текста диссертации при варьировании числа нейронов от 2 до 50 значения метрик Training RMSE и Test RMSE приведены с точностью до сотых, однако не указано, проводилось ли многократное обучение для каждой архитектуры с разной инициализацией весов для оценки статистической значимости различий. И чем обусловлен выбор именно 26 нейронов на внутреннем слое, если разница в Test RMSE между 26 и 30 нейронами составляет 0,02, что может быть в пределах статистической погрешности?

4. На рисунке 5.5 страницы 149 текста диссертации приведена дизайн-схема управления жизненным циклом гражданского здания, однако на данной схеме не отражены обратные связи, которые должны существовать в системе управления. Например, результаты мониторинга влажности на этапе эксплуатации должны корректировать прогноз остаточного ресурса, а не только служить исходными данными для разового расчета.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общую положительную оценку работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Ознакомление с авторефератом и диссертацией позволяет сделать вывод о том, что Никулиной Юлией Александровной выполнен большой объем научно-исследовательских работ, получен ценный массив данных, представляющий интерес для строительной отрасли.

Диссертационная работа Никулиной Юлии Александровны является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему и обладает необходимой научной новизной и практической значимостью. Она характеризуется цельностью, логичностью построения, и написана грамотным научно-литературным языком. Общие выводы обоснованы и базируются на экспериментальных данных.


Учитывая актуальность, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Управление жизненным циклом гражданских зданий с железобетонным каркасом с учетом влажностных условий их эксплуатации» соответствует критериям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее

автор, Никулина Юлия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства.

Я, Стельмах Сергей Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Никулиной Юлии Александровны, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор технических наук (2.1.5 –
Строительные материалы и изделия),
доцент, заведующий кафедрой
«Строительство уникальных зданий и
сооружений» федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Донской
государственный технический
университет» (ДГТУ)


Стельмах
Сергей Анатольевич
«29» 05 2026 г.

Подпись официального оппонента
Стельмаха С.А. заверяю

344003, ЮФО, Ростовская область,
г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Тел.: +7 (863) 201-90-08
E-mail: sstelmah@donstu.ru

