

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УР и МД ФГБОУ ВО
«Донской государственный
технический университет»
д-р техн. наук, профессор



Бескопильный А.Н.

« 23 » августа 2024 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный технический университет»
на диссертационную работу **Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид**
на тему: **«Управление жизненным циклом объектов капитального
строительства нейросетевым прогнозированием теплопотерь здания»,**
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

1. Актуальность темы исследования

В условиях растущего внимания к экологической устойчивости и сокращению энергопотребления современное строительство сталкивается с вызовом обеспечения энергоэффективности и устойчивости зданий. Одним из ключевых аспектов достижения этих целей является эффективное управление жизненным циклом объектов капитального строительства на всех его этапах. В этом контексте роль прогнозирования теплопотерь зданий и оптимизации конструктивных решений становится важной задачей.

Традиционные методы расчета и прогнозирования теплопотерь и оптимизации конструктивных решений часто ограничены в точности и универсальности, не всегда учитывают все факторы, влияющие на теплопередачу, такие как климатические условия, характеристики строительных материалов, изделий и конструкций, и технические параметры здания, а также не учитывают влияние данных факторов на результат прогноза и, соответственно, величину теплопотерь через ограждающие конструкции.

Наиболее перспективным механизмом прогнозирования энергоэффективности зданий на этапах жизненного цикла здания, включающих проектирование и реализацию улучшающих теплотехнические характеристики объекта строительно-конструктивных решений, является применение

передовых методов анализа данных и моделирования, включая интеграцию искусственных нейронных сетей (ИНС) и алгоритмов машинного обучения (МО). Эти инновационные подходы позволяют разрабатывать советующие системы в управлении, способные в динамически изменяющихся условиях функциональной и окружающей среды здания выбирать наилучшие конструктивные и объемно-планировочные решения по показателю минимальных теплопотерь здания.

Эти методы обеспечивают возможность разработки моделей, способных прогнозировать теплопотери с высокой точностью, учитывать воздействие различных факторов на энергопотребление зданий, становящихся частью действенного и эффективного инструментария управления жизненным циклом объекта строительства.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Обайди А.А.Х., направленная на разработку научно обоснованной технологии анализа, ранжирования и количественной оценки эффективности вариантно проектируемых технических решений ограждающих конструкций, обеспечивающей рациональное управление жизненным циклом объекта строительства по показателю минимизации прогнозируемых нейросетью тепловых потерь здания, представляется весьма актуальной.

Актуальность работы подтверждается результатами, полученными при выполнении проекта №Пр-10/22 программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг. совместно с лабораторией проектирования конструкций Университета Дияла (Ирак) в рамках Меморандума о сотрудничестве между университетами.

2. Структура и содержание работы

Представленная диссертация Обайди А.А.Х. состоит из введения, основной части - 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 191 странице машинописного текста, включающего 17 таблиц, 89 рисунков, список литературы из 155 источников, 10 приложений.

Во введении соискателем обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследований, основные положения, выносимые на защиту, показана степень достоверности полученных результатов, приведены данные по апробации и внедрению результатов работы.

В первой главе достаточно полно отражены существующие подходы к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства с позиции энергосбережения и повышения энергетической эффективности здания, что играет ключевую роль в современном строительстве, особенно в контексте борьбы с изменением климата и уменьшения воздействия на окружающую среду. Также автором представлена нормативно-правовая база управления жизненным циклом объектов капитального строительства с внедрением информационной модели и проведен анализ методов

прогнозирования при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства, показывающий, что использование искусственных нейронных сетей и методов машинного обучения позволит автоматизировать и оптимизировать процесс прогнозирования теплозащитных свойств конструкций.

Во второй главе диссертации изложены основные теоретические принципы построения искусственных нейронных сетей, направленных на улучшение точности решений задач, поставленных в данном исследовании. Автором представлена разработанная структура искусственной нейронной сети с использованием программного комплекса Statistica и алгоритмы машинного обучения на основе библиотеки scikit-learn и обоснован перечень входных данных, необходимых для решения задачи определения параметров, влияющих на энергоэффективность зданий.

В третьей главе представлены результаты исследований эксплуатационных показателей зданий из газобетонных блоков, также сформирован набор экспериментальных данных для определения теплотерь через ограждающие конструкции. Автором, с целью обеспечения возможностей вариантного проектирования ограждающих конструкций по критерию минимизации тепловых потерь объекта на его жизненном цикле, проведена разработка, экспериментальное и численное конструктивное и энергетическое исследование вариантов технического решения элементов ограждения здания – составных газобетонных перемычек. Произведено ранжирование составных перемычек по степени эффективности их использования в качестве перекрытия оконных и дверных проемов в ограждающих конструкциях зданий по физико-механическим и экономическим критериям. Представлены численные исследования стеновой конструкции из газобетонных блоков по определению теплозащитных свойств ограждающих конструкций с применением программного комплекса, проведено сравнение полученных данных с теоретическими исследованиями, сделаны выводы о сходимости и достоверности результатов.

В четвертой главе соискателем представлено обучение разработанной модели искусственной нейронной сети и алгоритма машинного обучения и выбор наиболее эффективной модели в зависимости от значения точности, различные меры отклонений, произведена оптимизация точности прогнозирования модели на основе искусственных нейронных сетей. Обучена и протестирована модель ИНС с разным числом нейронов на внутреннем слое сети, применяя многослойный персептрон, с целью определения оптимального количества нейронов путем анализа среднеквадратичной ошибки (MSE) и сравнения прогнозируемых значений тестовых данных с фактическими значениями. Установлено, что наилучшая точность модели ИНС достигается при использовании двух скрытых слоев сети, каждый из которых содержит 20 нейронов, при этом достигается наименьшая ошибка как на тренировочном, так и на тестовом наборе данных, а значения коэффициентов корреляции R превышают 95% для всех этапов.

Обучена и протестирована модель машинного обучения на основе библиотеки scikit-learn.

Проведен детальный анализ результатов экспериментов и тестирований ИНС и модели машинного обучения на наборе данных, на основании которого сделаны выводы о том, какая модель является наиболее эффективной для решения задачи прогнозирования потерь теплоты через ограждающие конструкции, в данном случае является модель ИНС.

Произведена оптимизация точности прогнозирования модели на основе искусственных нейронных сетей, при которой определены наиболее чувствительными переменные для прогноза тепловых потерь через ограждающие конструкции: температура наружного воздуха, световой коэффициент и приведенное сопротивление теплопередаче стены без учета остекления, на основе которых сформированы коррекционные коэффициенты, позволяющие повысить точность прогнозов при измерении исходных параметров набора данных.

Пятая глава посвящена разработке метода управления жизненным циклом зданий со стенами из газобетонных блоков, базирующийся на применении искусственных нейронных сетей и позволяющий прогнозировать тепловые потери через ограждающие конструкции с учетом применяемых элементов стенового ограждения. Автором обоснована эффективность предлагаемого подхода к управления жизненным циклом зданий на этапе проектирования, позволяющего снизить тепловые потери через ограждающие конструкции на 13-25% за счет высоких теплозащитных свойств. Разработана дизайн-схема управления жизненным циклом объектов капитального строительства нейросетевым прогнозированием теплопотерь здания.

Результаты исследований апробированы в производственных условиях на предприятии по производству изделий из автоклавного газобетона «Assad Babel For Building Technology» (г. Вавилон, Ирак), с выпуском партии составных перемычек с внешним полосовым и стержневым армированием для оконных и дверных проемов в стенах из газобетонных блоков; на предприятии «Factory for production lightweight blocks» при строительстве пятиэтажного жилого дома по ул. Аль-Джараиши в городе Аль-Рамади, мухафаза Анбар, Ирак, где были проведены работы по установке составных газобетонных перемычек над оконными проемами в наружных стенах из газобетонных блоков.

Имеются акты о внедрении результатов диссертационной работы.

В заключении приводятся выводы по работе. Содержание глав полностью соответствует выносимым на защиту положениям.

В приложениях приведены данные об эксплуатационных показателях многоквартирного дома, патенты, свидетельства о государственной регистрации Базы данных и программы для ЭВМ, программа расчета приведенного сопротивления теплопередаче составных перемычек из ячеистобетонных блоков, акты внедрения и справка о внедрении результатов работы в учебный процесс.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Для обоснования цели и задач исследований автор провел анализ отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационной работы. Обоснованность и достоверность полученных результатов исследований обеспечена применением научных принципов и выполненным комплексом исследований, основанных на методиках оценки жизненного цикла объектов капитального строительства, вариантного информационного моделирования, с обеспечением сопоставимости полученных результатов с общепринятыми данными, фактами и работами российских и зарубежных исследователей. Заключение диссертационной работы в полной мере отражает основные результаты исследования, обоснованы пути дальнейшего развития темы.

Достоверность результатов также подтверждается положительной оценкой докладов автора более чем на 7 научно-практических конференциях.

Основное содержание работы отражено в 23 публикациях, из которых: 6 статей в российских журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 5 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus. Получены 3 патента РФ на полезную модель, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023681552 и свидетельство о государственной регистрации Базы данных № 2023623566.

4. Научная новизна

Обосновано и экспериментально подтверждено организационно-техническое решение, заключающееся в совершенствовании механизмов управления жизненным циклом объектов капитального строительства с разработкой моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения, позволяющее осуществлять прогнозирование теплопотерь здания и оценку влияния на них входных параметров, включая метеорологические данные, теплоизоляционные характеристики материалов, данные объемно-планировочных и конструктивных решений объектов капитального строительства.

Обоснованы параметры и разработаны модели ИНС и алгоритма МО для оценки и прогнозирования тепловых потерь через ограждающие конструкции здания, позволяющие установить количественное влияние конструктивных и объемно-планировочных решений здания на прогнозируемые теплопотери.

Предложен механизм оптимизации модели ИНС посредством оценки влияния входных параметров набора данных на прогнозируемые теплопотери и определения коррекционных коэффициентов.

Разработаны научно-теоретические основы технологии управления жизненным циклом объектов капитального строительства, базирующейся на нейросетевом прогнозировании, тепловых потерях здания и предложении рациональных технических решений по минимизации теплопотерь.

5. Научная и практическая значимость работы

Дополнены теоретические представления о возможности применения искусственных нейронных сетей и метода машинного обучения для прогнозирования тепловых потерь здания с учетом его конструктивных, объемно-планировочных решений и климатических показателей.

Обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность и эффективность применения составных перемычек из газобетонных блоков в качестве рациональных технических решений ограждающих конструкций зданий, обеспечивающих прогнозируемое снижение теплотерь здания на 13-25 % за счет отсутствия теплопроводных включений в виде арматурного каркаса и тяжелого бетона при требуемой механической обеспеченности.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Обоснованное и экспериментально подтвержденное в рамках диссертации организационно-техническое решение, заключающееся в совершенствовании механизмов управления жизненным циклом объектов капитального строительства с разработкой моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения окажет положительное влияние на этапы жизненного цикла и позволит прогнозировать теплотери здания и проводить оценку влияния на них входных параметров, включая метеорологические данные, теплоизоляционные характеристики материалов, данные объемно-планировочных и конструктивных решений объектов капитального строительства.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для внедрения в практику деятельности проектных организаций, строительных и энергоаудиторских компаний, а также могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство».

8. Замечания

1. В тексте диссертации на стр. 66 в табл. 3.1. указан критерий здания – «Состояние дома» и приведено значение «Исправный». В соответствии с действующими нормативными документами такой категории состояния здания не существует. Следовало использовать термин «нормативное» или «работоспособное».

2. На странице 67 текста диссертации и на рисунках 3.7 и 3.8 (и далее по тексту в рис. 3.9-3.11) даны графики с переменной «Температура». Однако, не дается расшифровка, что имеется в виду под температурой? Среднесуточная или минимальная? Какова обеспеченность этих данных? В продолжение замечания – в табл. 3.2 указано, что данные по температуре и влажности приняты по данным Росгидрометцентра, что для Ирака вряд ли справедливо. Да и более правильным было бы использовать данные СП 131.13330.2020. А для Ирака – аналог соответствующего регионального документа.

3. В тексте диссертации на странице 74 в 4 абзаце сказано «В качестве заполнителя шва применялся клеевой состав для газобетонных блоков с пределом текучести при растяжении 0,9 МПа». Насколько термин «предел текучести» применим для адгезионных составов?

4. Учитывая пористую структуру поверхности газобетона, насколько оправданным было использование пленочных тензорезисторов при проведении испытаний, приведенных на стр. 81 диссертации?

5. На стр. 92 текста диссертации указано, что коэффициент теплообмена наружной поверхности ограждающих конструкций для условий холодного периода, в частности для стен, выходящих в более холодные помещения составляет 6.0. Однако, это не соответствует табл. 6 СП 50.13330.2012. Либо допущена опечатка в термине «стен, выходящих в более холодные помещения».

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид.

9. Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертационная работа Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид на тему: «Управление жизненным циклом объектов капитального строительства нейросетевым прогнозированием теплопотерь здания», является завершённой актуальной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а его автор, Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО) «23» августа 2024 г. Протокол № 1 от «23» августа 2024 г.

Доктор технических наук по специальности
05.23.08 — Технология и организация строительства
профессор, заведующий кафедрой
«Городское строительство и хозяйство»
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»

Шейна
Светлана Георгиевна
«23» 08 2024 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ДГТУ)

344003, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

Телефон: +7 (863) 273-85-25

E-mail: reception@donstu.ru

Сайт: <http://donstu.ru/>

Учредителем ВУЗа является Российская Федерация

Функции и полномочия учредителя ВУЗа осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации