

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Обайди Адхама Абдулсаттар Хамида 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

На отзыв были представлены:

- диссертационная работа, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, содержащего 155 наименований, 10 приложений; объем работы изложен на 191 странице машинописного текста, включающего 17 таблиц и 89 рисунков;
- автореферат диссертации на 20 страницах.

Изучение и анализ представленных материалов показали следующее.

Актуальность диссертационной работы

В настоящее время в России все большее значение уделяется актуальным вопросам энергосбережения и энергетической эффективности на всех этапах жизненного цикла строительных объектов. С ростом цен на энергоносители и увеличением требований к экологической устойчивости, становится критически важным улучшение тепловых характеристик зданий. Оптимизация теплопотерь позволяет снизить затраты на отопление и кондиционирование, что напрямую влияет на экономическую эффективность эксплуатации зданий. Традиционные методы прогнозирования теплопотерь зачастую не обеспечивают достаточную точность и адаптивность, что ограничивает их применение в условиях изменяющегося климата и эксплуатационных условий. Внедрение искусственных нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения позволяет существенно повысить точность и гибкость прогнозов, что способствует более эффективному управлению энергопотреблением зданий.

Управление жизненным циклом объектов капитального строительства включает проектирование, строительство, эксплуатацию и демонтаж. Эти этапы требуют комплексного подхода и интеграции инновационных технологий для обеспечения устойчивого и экономически выгодного функционирования зданий. Использование нейросетевого прогнозирования теплопотерь на всех этапах жизненного цикла позволяет оптимизировать процессы проектирования, повысить точность расчетов теплопередачи и адаптировать эксплуатационные режимы в реальном времени. Это, в свою очередь, снижает затраты на энергию и уменьшает влияние зданий на окружающую среду.

Таким образом, исследование, направленное на разработку метода нейросетевого прогнозирования теплопотерь как элемента системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства является актуальной и значимой научной и практической задачей, которая способствует достижению устойчивого развития в строительной отрасли и подтверждает, что выполненная Обайди Адхамом Абдулсаттар Хамидом диссертационная работа является, несомненно, актуальной.

Об актуальности избранной темы работы также свидетельствует выполнение исследований в рамках 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.

Общая характеристика работы

Во **ведении** представлено обоснование актуальности выполненной работы; показана степень ее разработанности; сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Отражены основные положения, выносимые на защиту, сведения о степени достоверности полученных результатов, приведены данные по апробации и внедрению результатов работы.

В **первой главе** представлен анализ состояния исследований отечественных и зарубежных авторов по теме диссертационной работы. По результатам обзора научно-технической литературы проведен анализ современных методов управления и оценки жизненного цикла объектов капитального строительства. Рассмотрена нормативно-правовая база управления жизненным циклом объектов капитального строительства, методы управления энергоэффективностью в течение их жизненного цикла и анализ методов прогнозирования при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства. Справедливо сделан вывод о том, что основная часть федеральных законов в РФ об энергоэффективности направлена на энергосбережение, а ресурсосбережение находится в стадии становления, при этом вопросы энергоэффективности детально исследованы не на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства.

Автор последовательно рассмотрел различные подходы и способы управления энергоэффективностью объектов капитального строительства на протяжении жизненного цикла, выделил достоинства, недостатки и направления развития. В результате им выдвинута гипотеза о возможности прогнозирования тепловых потерь зданиями за счет использования искусственных нейронных сетей и методов машинного обучения.

Во **второй главе** соискателем представлена характеристика применяемых методов и используемого оборудования для проведения экспериментальных исследований. Сформулированы цель и задачи исследования, разработана

структура модели искусственной нейронной сети и алгоритм машинного обучения. Детально рассмотрены теоретические основы разработки модели искусственной нейронной сети и алгоритма машинного обучения. Предложения использования библиотеки scikit-learn как элемента машинного обучения и программного комплекса Statistica для использования модели искусственных нейронных сетей является целесообразным.

В третьей главе представлены результаты исследования эксплуатационных показателей зданий из газобетонных блоков. Рассмотрено формирование набора экспериментальных данных для определения теплотерь через ограждающие конструкции и разработка энергоэффективной составной перемычки из газобетонных блоков. Исследованы прочностные и деформативные характеристики составной перемычки, теплозащитные свойства, а также проведено компьютерное моделирование.

Полученные экспериментальные данные показали высокую энергоэффективность и надёжность разработанной конструкции. Проведённое ранжирование составных перемычек по степени их эффективности и использования в качестве перекрытий оконных и дверных проёмов представляется обоснованным.

В четвертой главе описан процесс обучения разработанной модели искусственной нейронной сети и алгоритма машинного обучения. Проведен анализ полученных моделей и оптимизация точности прогноза. Несомненным достоинством работы является использование большого массива данных с тщательной проработкой и структуризацией, а также тщательный процесс обучения моделей, содержащий 2000 эпох, что свидетельствует о высокой эффективности обучения.

Выводы по четвертой главе подтверждают успешное обучение моделей и их применимость для прогнозирования теплотерь.

В пятой главе предложена методика прогнозирования теплотерь здания через ограждающие конструкции на основе модели искусственной нейронной сети как элемент системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства. Приведен пример предложенной методики на этапе проектирования в различных региональных и климатических условиях, осуществлено прогнозирование теплотерь здания с учетом применяемой перемычки и представлена оценка экономической эффективности прогнозирования. Проведена апробация результатов исследований, подтверждённая представленными актами о внедрении на предприятиях Ирака.

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 в области энергоэффективности зданий. При разработке исследовательского подхода и проведении экспериментальных исследований применялись современные методы системного анализа, математического моделирования и статистической обработки данных. Одним из элементов методологии является учет международных баз данных по энергоэффективности строительных материалов и процессов в контексте их применения на различных этапах жизненного цикла. Эмпирическая база исследований формировалась с использованием результатов мировых научных исследований в области энергоэффективности строительных материалов и процессов, анализа технической документации и характеристик газобетонных конструкций для разработки и проверки моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения, а также для основных тенденций и факторов, влияющих на тепловую защищенность объектов капитального строительства.

Основные выводы, представленные в заключении диссертации и автореферате диссертации, отражают содержание и результат проведенных экспериментально-теоретических 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 на предприятии по производству изделий из автоклавного газобетона «Assad Babel For Building Technology» (г. Бавилон, Ирак), где была выпущена партия составных перемычек из газобетонных блоков с внешним полосовым и стержневым армированием; на предприятии «Factory for production lightweight blocks» при строительстве многоквартирного дома (г. Аль-Рамади, Ирак), где были проведены работы по установке составных перемычек в наружных стенах из газобетонных блоков, выбранных на основе нейросетевого прогнозирования теплопотерь. Теоретические и экспериментальные положения диссертационной работы используются в учебном процессе.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке методики прогнозирования теплопотерь здания на основе искусственных

нейронных сетей и машинного обучения, являющейся важным элементом системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства. Разработанная методика позволяет осуществлять прогнозирование и оценку влияния на теплопотери зданий основных определяющих параметров, таких как метеорологические данные, теплоизоляционные характеристики материалов, данные объемно-планировочных и конструктивных решений объектов капитального строительства.

Выделены и обоснованы параметры моделей искусственных нейронных сетей и алгоритма машинного обучения для оценки и прогнозирования тепловых потерь через ограждающие конструкции здания, позволяющие установить количественное влияние конструктивных и объемно-планировочных решений здания на прогнозируемые теплопотери на протяжении всего жизненного цикла.

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

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Теоретические научные положения на тему применения искусственных нейронных сетей и метода машинного обучения для прогнозирования тепловых потерь здания с учетом его конструктивных, объемно-планировочных решений и климатических показателей, сформулированные автором, позволяют дополнить имеющиеся научные результаты в части управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

Также предложенные научные решения развивают методические подходы по использованию технологий искусственных нейронных сетей и их использования в процессах управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

Практическая значимость диссертации определяется возможностью её применения в любых регионах проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Целесообразность и эффективность применения составных перемычек из газобетонных блоков в качестве рациональных технических решений ограждающих конструкций зданий автором обоснована и экспериментально подтверждена, имеется ряд патентов. Экономическая эффективность предложенных решений заключается в экономии тепловой энергии на отопление здания за счёт снижения тепловых потерь на 13-25 %, что подтверждает практическую ценность работы.

Оценка публикаций автора

По материалам диссертации опубликовано 17 статей, в том числе: 5 – в российских журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 3 – в изданиях, индексируемых в базе данных

Scopus. Получено 3 патента на полезную модель, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и свидетельство о государственной регистрации Базы данных. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Обайди А.А.Х.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В тексте диссертации приводятся модели обучения искусственных нейронных сетей и машинного обучения на основе библиотеки scikit-learn. Рассматривались ли методы прогнозирования на основе временных рядов или другие алгоритмы машинного обучения и чем вызван выбор именно этих моделей?

2. В пункте 3.2.2.3 главы 3 текста диссертации приведено компьютерное моделирование ограждающей конструкции из газобетонных блоков, однако из текста диссертации непонятно, с использованием каких программных средств и алгоритмов моделирования были разработаны модели ограждающих конструкций?

3. В пункте 4.1 главы 4 на странице 113 текста диссертации и на странице 8 текста автореферата представлена структура разработанной искусственной нейронной сети. По какому принципу разработана данная структура?

4. На страницах 117-118 текста диссертации приведены рисунки 4.2-4.4, на которых отображены графики прогнозов временных рядов для сети с выборкой тренировки, теста и валидации на основе наборов данных. Неясно, какие значения показаны на оси абсцисс, подписанном как Набор данных?

5. Глава 5 текста диссертации описывает разработку метода управления жизненным циклом объектов капитального строительства на основе модели искусственной нейронной сети. Какие конкретные методы и процедуры управления жизненным циклом на этапе проектирования объектов капитального строительства вы рассматриваете?

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

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

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

Диссертационная работа Обайди Адхама Абдулсаттар Хамида является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему и обладает необходимой научной новизной и практи-

ческой 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 тему «Управление жизненным циклом объектов капитального строительства нейросетевым прогнозированием теплопотерь здания» 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, Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности
05.02.22 – Организация производства
(строительство), доцент, советник РААСН,
заведующий кафедрой организации
производства и городского хозяйства,
ФГБОУ ВО «ИВГПУ»



Опарина Людмила
Анатольевна

«21» августа 2024 г.

Согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Л.А. Опарина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет»,
153000, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский проспект, 21,
телефон: +7 964 493-39-65
e-mail: L.A.Oparina@gmail.com

Подпись Л.А. Опариной заверяю,
Проректор по науке и технологическому
предпринимательству



Т.Н. Новосад

«21» августа 2024 г.