



«Утверждаю»

Проректор по научной работе

КГТУ им. И. Раззакова

к.т.н., доцент

А.М. Арзыбаев

20 03 г.

ВЫПИСКА

из протокола № 8 от «28» 03 2025 г. заседания сотрудников кафедры «Информационные системы в экономике» Высшей школы экономики и бизнеса по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.**

«31» 03 2025 г.

г. Бишкек

1. **Председатель:** Алиева А.Р. - к.ф.м.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» Высшей школы экономики и бизнеса
2. **Секретарь:** преп. Батырбекова Б.М

Присутствовали:

1. Кутуев М.Д.- д.т.н., проф., 05.23.17;
2. Курманбек уулу Талант – д.т.н., и.о. проф. 05.13.16;
3. Акматкулов А.А.- д.п.н., проф., 13.00.02;
4. Торобеков Б.Т - д.т.н., 05.13.01;
5. Матозимов Б. С. – к.т.н., доц., 05.13.17;
6. Каримбаев Т.Т.- к.т.н., доц., 05.12.18;
7. Осмонова Р.Ч.- к.т.н., доц., 05.13.16;
8. Цыбов Н.Н.- к.т.н., доц., 05.13.01;
9. Кошоева Б.Б.- к.т.н., доц., 05.13.01;
10. Абдуллаев А.А.- к.т.н., доц., 06.01.02;
11. Картанова А. Дж. – к.ф.м.н., доц., 05.13.18;
12. Уметалиева Ч.Т.- к.т.н., доц., 05.20.01;
13. Темирбаева Н.Ы. - к.т.н., доц, 05.20.01;
14. Давлятова Б.Д. – к.т.н. доц. 05.13.16;
15. Абдыраимова К.С. – и.о. доц;
16. Абдрасакова А.Б. - ст.преп;
17. Белоконь П.И. - ст.преп.;
18. Абдиева С.К. - ст.преп.;
19. Сыдыкова З.А. – ст. препод.;

20. Осмонов Ж. – препод;
21. Искендерова М.;
22. Коноева Г.К.- препод.

Всего: 22 сотрудника

Повестка дня:

1) Предварительное рассмотрение диссертации соискателя кафедры «Информационные системы в экономике» Супибековой А.К. на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

2) Рассмотрение и обсуждение дополнительной программы специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16- применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Тема кандидатской диссертации и научный руководитель утверждены на основании решения Ученого Совета КГУСТА им. Н. Исанова от «25» марта 2015 года, протокол №7.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кутуев Мухамедий Дадиевич.

Назначенные рецензенты:

1. Курманбек уулу Талант – д.т.н., и.о. проф., доц., ИНИТ КГУ им. Арабаева, 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.
2. Кошоева Бибигуль Бейшенбековна – к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы в экономике», 05.13.01- системный анализ, управление и обработка информации.

Слушали: доклад соискателя Супибековой А.К. на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики» (*Доклад сопровождался демонстрацией слайдов*).

Глубокоуважаемый председатель, уважаемые коллеги!

Актуальность темы. В настоящее время с применением передовых теплоизоляционных материалов и новых конструктивных решений решается задача повышения уровня тепловой защиты зданий, что привело к разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций с использованием машинного обучения (ML).

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Исследования, представленные в диссертации, выполнены в рамках НИР, проводившихся в Кыргызском инженерно-строительном институте им. Н. Исанова (2017-2023гг.).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является использование машинного обучения (ML) в экспертной системе теплотехнического расчета, которое направлено на автоматизацию, повышение точности и интеллектуализацию процесса анализа теплопотерь и энергоэффективности зданий с учетом климатических условиях Кыргызской Республики.

Сформулированная цель предполагает решение следующих основных задач:

- провести обзор и сравнительный анализ экспертных систем теплотехнического расчета ограждающих конструкций строительных сооружений;
- разработать модель экспертной системы теплотехнического расчета, предсказывающей коэффициент теплопередачи (U) и тепловые потери (Q) без необходимости ручных вычислений, что позволит автоматически анализировать входные параметры (материалы, климат, геометрия здания) и выполнять расчеты быстрее и точнее;
- построить ML-модель, обученной на реальных измерениях, что позволит минимизировать расхождения между расчетными и фактическими теплопотерями, которые выявят скрытые зависимости на основе данных теплотехнического расчета;
- разработать рекомендательную систему выбора теплоизоляционных материалов на основе ML с применением регрессионной модели и градиентного бустинга;
- провести экспериментальную проверку, полученных результатов расчета параметров теплоизоляционной конструкции.

Объект исследования – машинное обучение (ML) в экспертной системе теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Предмет исследования – применение методов машинного обучения для оптимизации, автоматизации и повышения точности теплотехнических расчетов, который включает: определение теплоустойчивости конструкций; анализ паропроницаемости и воздухопроницаемости материалов; прогнозирование тепловых потерь и энергопотребления зданий; выявление скрытых закономерностей, влияющих на энергоэффективность.

Методы исследования - машинное обучение с использованием регрессионной модели и градиентного бустинга, обработка данных теплотехнического расчета для выявления корреляций и закономерностей, теплотехническое моделирование симуляции поведения конструкций в разных климатических условиях.

Научная новизна результатов заключается в следующем:

- разработанная экспертная система с машинным обучением (ML) для теплотехнического расчета в отличие от традиционных методов использует ML-алгоритмы для автоматизированного анализа и прогнозирования тепловых характеристик ограждающих конструкций с применением искусственного интеллекта для определения оптимальных материалов и конструктивных решений;

- применение методов ML для оценки теплоустойчивости, паропроницаемости и воздухопроницаемости позволит учитывать нелинейные зависимости между параметрами конструкции, климатическими условиями и эксплуатационными характеристиками, что спрогнозирует поведение материалов в различных климатических зонах с учетом их старения и деградации;

- разработанный алгоритм ML подберет наилучший состав и конфигурацию строительных материалов с учетом энергоэффективности и экономической целесообразности с предложением инновационных решений по снижению теплопотерь и повышению энергоэффективности зданий.

Практическая значимость полученных результатов: улучшение качества теплотехнического расчета за счет применения методов искусственного интеллекта, повышение энергоэффективности зданий и снижение эксплуатационных затрат, создание интеллектуальной экспертной системы, способной рекомендовать оптимальные решения для проектирования и модернизации зданий.

Результаты экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций используются в учебном процессе КГТУ им. И.Раззакова при проведении научно-исследовательских работ.

Экономическая значимость полученных результатов. Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций внедрена в Кыргызский инженерно-строительный институт им. Н. Исанова. Предполагаемый прямой экономический эффект от ее внедрения составляет более 40 % за счет снижения затрат на использование теплоизолирующих материалов по выданному заключению, что способствует улучшению качества ограждающей конструкции, что способствует экономии энергоресурсов на более 50% в год.

Основные результаты, выносимые на защиту:

- разработка экспертной системы теплотехнического расчета с применением машинного обучения (ML) способной автоматически анализировать теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость ограждающих конструкций с использованием ML-алгоритмов для прогнозирования тепловых характеристик и энергоэффективности зданий;

- применение методов машинного обучения для оптимизации проектирования и эксплуатации зданий для предсказания теплопотерь и энергопотребления для определения оптимальных параметров теплоизоляции

и конструктивных решений с учетом климатических условий и эксплуатационных режимов;

- выявление скрытых закономерностей в теплотехнических характеристиках ограждающих конструкций с использованием методов Big Data для анализа массивов данных о материалах, климате, эксплуатационных факторах.

- разработка алгоритмов машинного обучения для повышения точности теплотехнических расчетов с применением регрессионной модели и градиентного бустинга для повышения точности прогнозирования тепловых процессов.

- создание базы данных и набора обучающих данных для ML-модели теплотехнического расчета с формированием обширного датасета, содержащего информацию о свойствах строительных материалов, климатических данных, результатах натуральных экспериментов для обучения модели на реальных и симуляционных данных для повышения точности и надежности.

Личный вклад автора. Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. Д.т.н.Кутуеву М.Д. и к.т.н. Матозимову Б.С. принадлежат постановка задачи и направление ее решения.

Апробация работы. Основные результаты выполненной работы представлены на следующих научных конференциях международного и республиканского уровня: на Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014»; на III-Международной межвузовской научно-практической конференции конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» 2015г.; на Международной научно-практической конференции «Совершенствование прогнозирования и управления стихийными бедствиями» 2016г.; на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» 2016г.; на Международной научно-практической конференции «Современные тренды в строительстве: проблемы и пути их решения» 2023г.

Кроме того, результаты вошли в отчеты НИР Кыргызского инженерно-строительного института им. Н. Исанова.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в научных трудах, из которых: 9 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК КР, индексируемых в системе РИНЦ. Также получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ и 1 свидетельство об авторском праве от Кыргызпатента.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 165 страницах.

Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций разработана с применением методов машинного обучения: линейная регрессия, градиентный бустинг.

Линейная регрессия подходит для случаев, когда зависимость между входными параметрами (температура, давление, расход, свойства теплоносителя) и выходными (потери тепла, КПД системы) можно аппроксимировать линейной функцией для оценки параметров теплопередачи, тепловых потерь, эффективности теплообменников.

Градиентный бустинг позволяет строить сложные модели на основе ансамблей деревьев решений для прогнозирования тепловых характеристик оборудования на основе исторических данных, диагностики аномалий и оптимизации параметров, выявляет какие параметры конструкции больше всего влияют на коэффициент теплопередачи (теплопроводность материала, толщина конструкции, наружная температура).

Модель экспертной системы:

1. **База знаний**, которая содержит информацию о материалах (свойства, коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи), строительных элементах (типовая конструкция), климатических условиях (температуры внутри и снаружи). База знаний представлена в виде набора правил, фактов и эвристик.
2. **Механизм вывода**, которая использует знания, содержащиеся в базе знаний, для принятия решений и вывода рекомендаций по расчету ограждающих конструкций. Механизм вывода реализован с помощью логического вывода и математической модели расчета толщины теплоизоляционного материала в условиях неопределенности.
3. **Алгоритмы расчета**, которые используются для оптимального теплотехнического расчета на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость.
4. **Модель линейной регрессии**, которая будет предсказывать теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, путем поиска наилучшей прямой, которая минимизирует среднеквадратичную ошибку между предсказанными и реальными значениями.
5. **Интерфейс пользователя** обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой, который реализован с помощью графического представления в виде оконных форм.
6. **Модуль советов и объяснений**, содержит рекомендации: по выбору подходящих материалов и конструкций для обеспечения эффективной теплозащиты зданий с учетом физических свойств, по оптимизации конструктивных параметров для повышения энергоэффективности и комфорта в помещениях, включая изменение толщины теплоизоляционных слоев.
7. **Модуль приобретения знаний** содержит знания оптимальной толщины теплоизоляционного материала с учетом таких факторов как:

климатические условия, требования теплопроводности материала, тип и состав ограждающей конструкции.

Механизм логических выводов содержит логические правила, условий и выводов для базы знаний экспертной системы теплотехнического расчёта ограждающих конструкций:

1. Если толщина стены больше, чем 30 см, и используется материал с высокой теплопроводностью, то теплопотери через стену будут высокими.

Условия: толщина стены > 30 см, материал имеет высокую теплопроводность.

Вывод: высокие теплопотери через стену.

2. Если внешняя температура ниже, чем внутренняя температура, и нет утепления, то теплопотери через ограждающие конструкции будут значительными.

Условия: внешняя температура $<$ внутренняя температура, отсутствие утепления.

Вывод: значительные теплопотери через ограждающие конструкции.

3. Если коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции выше допустимого уровня, то она не соответствует энергосберегающим стандартам.

Условие: коэффициент теплопередачи $>$ допустимый уровень.

Вывод: несоответствие энергосберегающим стандартам.

4. Если влажность внутри помещения выше 70%, и температура наружного воздуха ниже, чем внутри, то возможно образование конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

Условия: влажность внутри помещения $> 70\%$, температура наружного воздуха $<$ внутренняя температура.

Вывод: возможно образование конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

5. Если теплоизоляция ограждающей конструкции усиленно применяется в местах установки систем отопления и кондиционирования, то возможно уменьшение теплопотерь в этих зонах.

Условие: применение усиленной теплоизоляции в зонах установки систем отопления и кондиционирования.

Вывод: уменьшение теплопотерь в этих зонах.

Разработанная экспертная система теплотехнического расчёта ограждающих конструкций с применением машинного обучения имеет ряд преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами:

- **СУБД:** наличие системы управления базой данных Microsoft SQL Server.
- **Архитектура:** клиент-серверная программа, которая разделена на клиентскую и серверную части.
- **Язык программирования:** экспертная система разработана на высоком объектно-ориентированном языке C#.

- **Удобство использования:** имеет интуитивно понятный и простой интерфейс, что делает его легко доступным для инженеров и проектировщиков различных уровней квалификации.
- **Нормативная база:** технические характеристики ограждающих конструкций в базе знаний приводятся согласно СНиПам Кыргызской Республики.
- **Высокая точность:** система способна анализировать большое количество данных и принимать точные решения.
- **Гибкость:** возможность изменять и настраивать правила и процедуры в соответствии с изменяющимися условиями и требованиями.
- **Возможность использования на различных платформах:** экспертная система может работать как на компьютерах с операционной системой Windows, так и на компьютерах с операционной системой Linux.
- **Вывод результата расчета:** экспертное заключение в текстовом формате содержащий подробное описание результатов, а также в виде графика.
- **Стоимость:** невысокая стоимость по сравнению с вышеуказанными экспертными системами.

Методы машинного обучения, таких как линейная регрессия и градиентный бустинг, в экспертных системах теплотехнического расчета дает ряд преимуществ: высокая точность расчетов, адаптивность к изменениям условий, модели машинного обучения могут быть дообучены на новых данных, что позволяет экспертной системе адаптироваться к изменениям рабочих условий, автоматизация сложных вычислений позволяет заменить традиционные трудоемкие теплотехнические расчеты, ускоряя процесс проектирования и диагностики оборудования, исключая человеческий фактор при оценке параметров системы, обнаружение скрытых закономерностей между параметрами, которые трудно учесть традиционными методами, улучшение диагностики и прогнозирования, универсальность и масштабируемость как для локальных установок так и для масштабных систем. Линейная регрессия и градиентный бустинг – мощные инструменты для экспертных систем теплотехнического расчета. Линейная регрессия подходит для интерпретируемых и простых моделей, тогда как градиентный бустинг – для сложных нелинейных процессов, обеспечивая высокую точность и надежность прогнозов.

Сушибекова А.К.: Доклад окончен. Спасибо за внимание!

ВОПРОСЫ ПО ДОКЛАДУ

Давлятова Б.Д. – доцент.

1. Вопрос: Применяется ли регрессионная модель в экспертной системе расчёта ограждающих конструкций?

Ответ: Регрессионная модель в экспертной системе теплотехнического расчета ограждающих конструкций используется для прогнозирования теплопотерь или тепловых характеристик конструкций на основе различных входных параметров, такие как толщина материала, коэффициент

теплопроводности материала, площадь конструкции, температурные условия внутри и снаружи помещения, тип конструкции и другие, для создания такой модели были выполнены следующие шаги:

Сбор данных: данные о различных ограждающих конструкциях, их характеристиках и параметрах окружающей среды, данные, которые охватывают широкий диапазон условий и типов конструкций.

Предварительная обработка данных: обработка данных, включая очистку данных от выбросов, заполнение пропущенных значений и масштабирование при необходимости.

Выбор регрессионной модели: линейная регрессия является эффективным методом для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций, когда зависимости между входными признаками и выходными значениями линейны.

Обучение модели: разделение данных на обучающий и тестовый наборы, настройку гиперпараметров модели и оценку ее производительности.

Оценка модели: оценка производительности модели на тестовом наборе данных, которая обобщает данные и способна делать точные прогнозы на новых данных.

Использование модели: для прогнозирования теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на основе новых входных данных.

Мониторинг и обновление: регулярный мониторинг производительности, при необходимости, обновление модели с учетом новых данных или изменений в условиях.

Темирбаева Н.Ы. - к.т.н., доцент.

2.Вопрос: Какова экономическая эффективность от применения экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций?

Ответ: Применение экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций может принести экономические выгоды в зависимости от контекста и конкретных условий применения такие, как:

- снижение затрат на энергию, увеличение эффективности производства в случае применения в промышленности, оптимизация теплотехнических характеристик к увеличению эффективности процессов производства за счет снижения теплопотерь или оптимизации температурных режимов;
- сокращение времени и затрат на проектирование, использование экспертной системы может ускорить процесс проектирования ограждающих конструкций, поскольку она может автоматически выполнять сложные теплотехнические расчеты и предоставлять рекомендации, это позволит сократить время, затрачиваемое на проектирование, и уменьшить расходы на оплату труда инженеров;
- минимизация ошибок и снижение рисков, экспертная система может помочь предотвратить ошибки в процессе проектирования или эксплуатации конструкций, что может снизить риски возникновения дорогостоящих дефектов или проблем в будущем;

- улучшение качества, оптимизация теплотехнических характеристик может привести к улучшению качества ограждающих конструкций и комфортности внутренней среды помещений, что может повысить их стоимость и привлекательность для клиентов или арендаторов;
- сокращение затрат на обслуживание и ремонт, уменьшение нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также предотвращение проблем с тепловыми утечками, может сократить затраты на обслуживание и ремонт зданий.

Абдуллаев А.А.- к.т.н., доцент.

3. Вопрос: Какие статистические данные применяются в экспертной системе теплотехнического расчета ограждающих конструкций?

Ответ: В экспертных системах теплотехнического расчета ограждающих конструкций используются статистические данные в зависимости от конкретных потребностей и задач системы, такие как:

- данные о потреблении энергии, расход энергии на отопление и кондиционирование помещений в различных климатических условиях и типах зданий, которые используются для анализа эффективности теплоизоляции и оптимизации теплотехнических характеристик конструкций;
- климатические данные о среднесуточных и среднегодовых температурах, влажности, скорости ветра и солнечной радиации для оценки тепловых потерь и теплового баланса здания;
- технические характеристики материалов теплопроводности, плотности, теплоемкости и других теплофизических свойствах материалов, используемых в конструкциях для расчета тепловых характеристик.
- стандарты и нормативы, регулирующие энергоэффективность зданий и требования к теплоизоляции для обеспечения соответствия проектов;
- результаты теплотехнических испытаний для проверки теплотехнических характеристик ограждающих конструкций.

Каримбаев Т.Т.- к.т.н., доцент.

3. Вопрос: Какие UML- диаграммы были применены в разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций?

Ответ: В разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций были разработаны следующие диаграммы UML (Unified Modeling Language):

- диаграмма вариантов использования, показывает взаимодействие между системой и ее окружением (пользователями), идентифицирует основные функциональные возможности системы;
- диаграмма классов, описывает структуру системы, включая классы, атрибуты классов и связи между классами для моделирования основных компонентов экспертной системы, таких как правила, база знаний, пользовательский интерфейс;
- диаграмма последовательности, иллюстрирует взаимодействие между объектами в различных сценариях использования, может быть полезной для

представления того, как система взаимодействует с пользователем или другими системами при выполнении теплотехнических расчетов;

- диаграмма состояний, описывает поведение объекта или системы в зависимости от его состояния, может быть использована для моделирования различных состояний экспертной системы в процессе выполнения расчетов;

- диаграмма компонентов, показывает структуру и зависимости между компонентами системы, может быть полезной для идентификации компонентов, из которых состоит экспертная система, таких как пользовательский интерфейс, модули расчета, база знаний;

- диаграмма развертывания, иллюстрирует физическую структуру системы и размещение ее компонентов на аппаратном обеспечении, может быть полезной для понимания того, как экспертная система развертывается на различных серверах или компьютерах.

Выступление научного руководителя:

Кутуев Мухамедий Дадиевич доктор технических наук, профессор.

Выполненная работа актуальна, особенно в настоящее время, когда ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, негативное влияние на окружающую среду, связанное с ее производством, все эти факторы указывают, что разумней снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать ее производство. Во всем мире уже давно ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования. На сегодняшний день одним из приоритетных направлений энергосбережения в сфере строительства жилых и общественных зданий является теплотехнический расчет ограждающих конструкций путем использования программного обеспечения, разработанного на основе норм и правил проектирования ограждающих конструкций различного назначения, предназначенные для тепловой защиты жилых, общественных, производственных, вспомогательных, сельскохозяйственных и складских зданий.

С применением передовых теплоизоляционных материалов и новых конструктивных решений решается задача повышения уровня тепловой защиты зданий, что способствует к созданию экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость.

В работе особое внимание уделено разработке и оценке конструктивных решений, позволяющих повысить уровень энергоэффективности зданий жилого и общественного назначения с соблюдением требований микроклимата регионов Кыргызской Республики.

Эту важность отметили и рецензенты, которые так детально изложили результаты анализа работы, за что им благодарность. Хочу отметить, что выполнен достаточный объем исследования, который позволил сделать выводы, построить алгоритм. В работе имеется новизна и практическое значение. Сегодня мы заслушали результаты ее исследований и я, как научный

руководитель считаю, что работу можно представить к следующему этапу экспертизы.

Выступление консультанта по строительной теплотехнике:

Матозимов Бердикул Суюмбаевич кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование, возведение зданий и сейсмостойкое строительство».

Актуальность работы Супибековой А.К. связана с тем, что экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций объединяет в себе передовые технологии и знания в области строительной теплотехники. Она позволяет проводить точные расчеты теплопередачи через стены, учитывая различные факторы, такие как материалы конструкций, толщина слоев, климатические условия регионов Кыргызской Республики.

Экспертная система использует современные методы моделирования и анализа, что позволяет получать точные результаты теплотехнических расчетов. Автоматизированный процесс расчета позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на проектирование и оценку энергетической эффективности зданий. Система позволяет проводить расчеты для различных типов зданий и условий эксплуатации, что делает ее универсальным инструментом для инженеров и проектировщиков. Благодаря возможности быстрого изменения параметров и условий, система позволяет проводить анализ различных вариантов конструкций и выбирать наиболее эффективные решения с точки зрения теплоизоляции.

В заключение, использование машинного обучения в экспертных системах теплотехнического расчета ограждающих конструкций является важным шагом на пути к созданию энергоэффективных и устойчивых зданий. Данный подход позволяет инженерам и архитекторам принимать более обоснованные проектные решения, что способствует снижению энергопотребления, повышению комфорта в помещениях и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Соискатель Супибекова А.К. провела значительную изыскательную работу в области строительной теплотехники, демонстрируя свой профессиональный интерес, мотивацию к изучению и развитию, а также готовность применять новые знания и навыки в области теплотехнического расчета ограждающих конструкций, при этом не имея базового образования в области проектирования зданий и сооружений.

Диссертационная работа соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Выступление рецензентов:

Кошоева Бибигуль Бейшенбековна – к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы в экономике», 05.13.01- системный анализ, управление и обработка информации.

Актуальность работы Супибековой А.К. связана с тем, что на сегодняшний день одним из приоритетных направлений энергосбережения в сфере строительства жилых и общественных зданий является теплотехнический расчет ограждающих конструкций путем использования программного обеспечения, разработанного на основе норм и правил проектирования ограждающих конструкций различного назначения, предназначенные для тепловой защиты жилых, общественных, производственных, вспомогательных, сельскохозяйственных и складских зданий.

Структура работы: Диссертационная работа представлена четырьмя главами включающие в себя подпараграфы, а также введение, заключение и список использованной литературы.

Первая глава рассматривает описание изучаемой проблемы, обзор литературы и существующих экспертных систем.

Вторая глава посвящена методам машинного обучения, применимые для теплотехнического расчета в частности регрессионные методы (линейная регрессия, градиентный бустинг).

Третья глава посвящена разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций на основе модели машинного обучения с использованием регрессионных методов.

Четвертая глава содержит экспериментальное исследование.

Основные положения диссертации представляют собой результаты научно-исследовательской работы, которые демонстрируют создание и применение экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, ее точность, надежность и применимость в практических задачах.

Соискателем Супибековой А.К. проанализированы теоретические работы по теме исследования и состояния информационных систем теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Разработана экспертная система «Теплотехнический расчет ограждающих конструкций», которая получила авторское свидетельство. Также была разработана модель экспертной системы, которая дает заключение на основе требований, изложенных в СНиП КР 23-01-2009 «Тепловая защита зданий», СНиП КР 23-01-2009 «Строительная теплотехника», СНиП КР 23-02-2000 «Строительная климатология». Соискатель лично участвовала в практическом эксперименте определения оптимально допустимого уровня теплоизоляции, и в подведении его итогов.

В кандидатской диссертации представлена разработанная методология, которая описывает шаги и подходы к созданию экспертной системы, которая включает сбор и анализ данных, формализацию экспертных знаний,

разработку моделей и алгоритмов, а также валидацию и верификацию системы.

К недостаткам диссертации Супибековой А.К. относятся оформление и наполнение списка используемой литературы, в работе использованы не все имеющиеся информационные ресурсы, касающиеся данной проблемы, имеются стилистические ошибки. Считаю, что по актуальности, научной новизне, практической значимости и объему выполненных исследований, работа Супибековой А.К. соответствует требованиям, предъявляемые к кандидатской диссертации по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Заключение. Диссертационная работа соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях, после внесения дополнений, исправлений может быть представлена на следующий этап экспертизы.

Ответ соискателя рецензенту:

Уважаемая Бибигуль Бейшенбековна, благодарю за детальное рецензирование моей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены при окончательном оформлении работы.

ВЫСТУПИЛИ:

Цыбов Н.Н. - к.т.н., доцент. Хочу отметить, что работа выполнена в широком плане. В докладе в будущем нужно отразить динамику экономической эффективности применения экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Считаю, что работа выполнена большая, содержит новизну и имеет практическое значение, следовательно, и соответствует требованиям, предъявляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук, и может быть представлена к следующему этапу экспертизы диссертационного совета.

Председатель – к.ф.м.н., доцент Алиева А.Р.

Работа Супибековой А.К. выполнена на актуальную тему, на достаточном высоком уровне, содержит новизну и имеет практическое значение. После внесения исправлений, согласно замечаниям рецензентов, может быть представлена в диссертационный совет по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

После обсуждения принято:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ по предварительному рассмотрению диссертационной работы Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленную на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Актуальность темы диссертации. Современные методы теплотехнического расчета требуют учета большого количества параметров, таких как климатические условия, свойства материалов, конструктивные особенности зданий и нормативные требования. Однако традиционные методы расчета зачастую оказываются трудоемкими и требуют высокой квалификации специалистов. В данной связи актуальной задачей является автоматизация процесса теплотехнического расчета на основе машинного обучения, которые открывают новые возможности для разработки экспертных систем, способных анализировать и прогнозировать тепловые характеристики ограждающих конструкций с высокой степенью точности.

Таким образом, разработка экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций с применением методов машинного обучения является актуальной задачей, отвечающей современным тенденциям повышения энергоэффективности зданий и внедрения интеллектуальных технологий в строительную сферу.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями.

Исследования, представленные в диссертации, выполнены в рамках научно-исследовательских работ, проводившиеся в Кыргызском инженерно-строительном институте им. Н. Исанова (2017-2023 гг.).

Целью исследования является использование машинного обучения (ML) в экспертной системе теплотехнического расчета, которое направлено на повышение точности процесса анализа теплопотерь и теплопроводности теплоизоляционных материалов для энергоэффективности зданий с учетом климатических условий Кыргызской Республики

Сформулированная цель предполагает решение следующих основных задач:

- разработать модель экспертной системы теплотехнического расчета, предсказывающая тепловые потери (Q), что позволит автоматически анализировать входные параметры (материалы, климат) и выполнять расчеты быстрее и точнее;
- построить ML-модель, обученной на реальных измерениях, что позволит выявить скрытые зависимости на основе данных теплотехнического расчета;
- разработать рекомендательную систему выбора теплоизоляционных материалов на основе ML с применением регрессионной модели и градиентного бустинга;
- провести экспериментальную проверку, полученных результатов расчета параметров теплоизоляционной конструкции.

Объект исследования – машинное обучение (ML) в экспертной системе теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Предмет исследования – применение методов машинного обучения для оптимизации, автоматизации и повышения точности теплотехнических расчетов, которые включают: определение теплоустойчивости конструкций; анализ паропроницаемости и воздухопроницаемости материалов; прогнозирование тепловых потерь и энергопотребления зданий; выявление скрытых закономерностей, влияющих на энергоэффективность.

Методы исследования - машинное обучение с использованием регрессионной модели и градиентного бустинга, а также обработка данных теплотехнического расчета для выявления корреляций и закономерностей симуляции поведения конструкций в разных климатических условиях.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем:

- разработана экспертная система машинного обучения (ML) для теплотехнического расчета для автоматизированного анализа и прогнозирования тепловых характеристик ограждающих конструкций с применением искусственного интеллекта для определения оптимальных материалов и конструктивных решений;
- усовершенствованы методы машинного обучения (ML), которые учитывают нелинейные зависимости между параметрами конструкции, климатическими условиями и эксплуатационными характеристиками, что прогнозирует поведение материалов в различных климатических зонах;
- разработана модель подбора наилучшего состава и конфигурации строительных материалов с учетом энергоэффективности и экономической целесообразности с предложением инновационных решений по снижению теплопотерь и повышению энергоэффективности зданий.

Практическая значимость полученных результатов. Полученные результаты, применяемые при исследовании качества теплотехнического расчета, способствуют улучшению экспертной системы за счет применения методов искусственного интеллекта, что повышает энергоэффективность зданий и снижает эксплуатационные затраты.

Результаты экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций используются в учебном процессе КГТУ им. И.Раззакова при проведении научно-исследовательских работ.

Экономическая значимость полученных результатов. Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций внедрена в Кыргызский инженерно-строительный институт им. Н. Исанова. Предполагаемый прямой экономический эффект от ее внедрения составляет более 40 % за счет снижения затрат на использование теплоизолирующих материалов по выданному заключению, что способствует улучшению качества ограждающей конструкции, что способствует экономии энергоресурсов на более 50% в год.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Разработана экспертная система теплотехнического расчета с применением машинного обучения (ML), способной автоматически анализировать теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость ограждающих конструкций с использованием ML-алгоритмов для прогнозирования тепловых характеристик и энергоэффективность зданий.

2. Усовершенствованы методы машинного обучения для предсказания теплопотерь и энергопотребления для определения оптимальных параметров теплоизоляции и конструктивных решений с учетом климатических условий и эксплуатационных режимов.

3. Выявлены скрытые закономерности в теплотехнических характеристиках ограждающих конструкций с использованием методов машинного обучения для анализа массивов данных о материалах, климате, эксплуатационных факторах.

4. Разработана модель машинного обучения теплотехнических расчетов с применением регрессионной модели и градиентного бустинга для повышения точности прогнозирования тепловых процессов.

Личный вклад соискателя. Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. В работе руководителю д.т.н.Кутуеву М.Д. и консультанту к.т.н. Матозимову Б.С. принадлежат постановка задачи и направление ее решения.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты выполненной работы представлены на следующих научных конференциях международного и республиканского уровня: на Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014»; на III-Международной межвузовской научно-практической конференции конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» 2015г.; на Международной научно-практической конференции «Совершенствование прогнозирования и управления стихийными бедствиями» 2016г.; на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» 2016г.; на Международной научно-практической конференции «Современные тренды в строительстве: проблемы и пути их решения» 2023г.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в научных трудах, из которых: 9 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК КР, индексируемых в системе РИНЦ. Также получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ и 1 свидетельство об авторском праве от Кыргызпатента.

Прошу проголосовать.

Голосование: «За» - 21; «Против» - нет; «Воздержавшиеся» - нет.
Принято единогласно. Спасибо.

Председатель. Переходим ко второму вопросу заседания. По второму вопросу о дополнительной программе специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе, разработанной сотрудниками кафедры «Информационные системы в экономике», слово представлено к.т.н., доц. Каримбаеву Т.Т.

Слушали: Каримбаев Т.Т. изложил дополнительную программу по диссертационной работе Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики».

Предлагаю проголосовать за утверждение дополнительной программы специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Прошу проголосовать.

Голосование: «За» - 22; «Против» - нет; «Воздержавшиеся» - нет. Принято единогласно. Спасибо.

ПОСТАНОВИЛИ:

Принять положительное заключение по диссертационной работе соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Утвердить дополнительную программу специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе соискателя Супибековой Алтынай Казакбаевны на тему «Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Председатель:

заведующий кафедрой «ИСЭ»
к.ф.-м.н., доцент



Алиева А.Р.

Секретарь:
методист



Батырбекова Б.М.