

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. РАЗЗАКОВА**

На правах рукописи

УДК: 519.63(575.2)(050)

Супибекова Алтынай Казакбаевна

**Разработка информационной системы для тепловой защиты зданий в
климатических условиях Кыргызской Республики**

05.13.01 – системный анализ, управление и обработка
информации

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Кутуев М. Д.

Бишкек - 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ, ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ	
1.1. Место и роль разработки экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций в климатических условиях Кыргызской Республики.....	13
1.2. Обзор литературы по теме исследования.....	18
1.3. Обзор существующих экспертных систем.....	21
1.4. Применение технологии ASP.NET при разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	36
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Методология и методы исследования проектирования ограждающих конструкций.....	42
2.2. Методология и методы исследования теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	43
2.3. Применение машинного обучения в теплотехническом расчете.....	49
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
3.1. Описание экспертной системы предметной области.....	54
3.2. Содержание экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	55
3.3. Этапы разработки экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	65
3.4. Алгоритм экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	74
3.6. Анализ расчета сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций наружной стены.....	80
3.7. Описание формы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	83

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

4.1. Практическое применение экспертной системы теплотехнического расчета.....	88
4.2 Описание эксперимента машинного обучения для экспертной системы теплотехнического расчета.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	115
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	117
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РАСЧЕТНЫЕ УСЛОВИЯ.....	127
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. МАКСИМАЛЬНОЕ ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, °С.....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. СРЕДНЯЯ И МАКСИМАЛЬНАЯ СУТОЧНАЯ АМПЛИТУДА ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА, %.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ.....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. АКТ ВНЕДРЕНИЯ.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. КЫРГЫЗПАТЕНТ.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Современные тенденции в строительстве направлены на повышение энергоэффективности зданий, что требует улучшенной теплоизоляции и оптимизации теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. С внедрением передовых теплоизоляционных материалов и инновационных конструктивных решений решается задача минимизации тепловпотерь, что, в свою очередь, способствует снижению затрат на отопление и кондиционирование.

Одним из перспективных направлений в данной области является разработка экспертных систем теплотехнического расчета, использующих методы машинного обучения (ML). Такие системы позволяют автоматизировать процесс анализа и оптимизации теплоизоляционных свойств конструкций, учитывая множество факторов, включая климатические условия, характеристики строительных материалов, эксплуатационные нагрузки и особенности проектирования.

Основные возможности экспертной системы с использованием ML:

1. **Анализ теплотехнических параметров** – система обрабатывает данные о теплопроводности, паропроницаемости и теплоемкости различных материалов.
2. **Прогнозирование энергопотерь** – алгоритмы машинного обучения на основе исторических данных и моделирования позволяют прогнозировать уровень энергопотребления здания.
3. **Оптимизация конструктивных решений** – система предлагает наиболее эффективные варианты сочетания материалов и конструкций для снижения тепловпотерь.
4. **Автоматизированный расчет соответствия нормативам** – анализ соответствия проектируемых конструкций требованиям СНиП, ГОСТ и других нормативных документов.

5. Рекомендации по повышению энергоэффективности – на основе полученных результатов система предлагает изменения в конструкции или применяемых материалах.

Использование машинного обучения в теплотехнических расчетах позволяет не только повысить точность прогнозов, но и значительно сократить время, затрачиваемое на анализ вариантов конструктивных решений. Это особенно актуально в современных условиях, когда энергоэффективность зданий становится приоритетной задачей в строительной отрасли.

Целью исследования является использование машинного обучения (ML) в экспертной системе теплотехнического расчета, которое направлено на автоматизацию, 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:

- 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.

Современные здания и сооружения проектируются с учетом высоких требований к энергоэффективности, что делает теплотехнический расчет ограждающих конструкций критически важной задачей. Однако традиционные методы расчета требуют значительных временных затрат и могут быть подвержены субъективным ошибкам. Внедрение методов машинного обучения (ML) в экспертные системы расчета позволяет автоматизировать процесс анализа, оптимизировать выбор строительных материалов и конструктивных решений, а также повысить точность прогнозирования теплопотерь.

Машинное обучение, как раздел искусственного интеллекта, позволяет обучать модели на основе большого количества данных о строительных материалах, климатических условиях, типах конструкций и эксплуатационных параметрах зданий. В результате экспертная система на основе ML способна выявлять сложные закономерности, которые сложно учесть при традиционных расчетах, и предлагать оптимальные решения для проектирования энергоэффективных зданий.

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, обработка данных

теплотехнического расчета для выявления корреляций и закономерностей, теплотехническое моделирование симуляции поведения конструкций в разных климатических условиях.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем:

- разработана 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.
- усовершенствованы методы ML для оценки теплоустойчивости, паропроницаемости и воздухопроницаемости, позволяющие 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.
- разработан алгоритм ML для 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 повышают энергоэффективность зданий и снижает эксплуатационные затраты, способные 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 положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Разработан алгоритм теплотехнического расчета ограждающих конструкций в условиях неопределенности толщины теплоизоляционных материалов.
2. 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.
3. Усовершенствованы методы машинного обучения для предсказания теплопотерь и энергопотребления для определения оптимальных параметров теплоизоляции и конструктивных решений с учетом климатических условий и эксплуатационных режимов.
4. Выявлены скрытые закономерности в теплотехнических характеристиках ограждающих конструкций с использованием методов машинного обучения для анализа массивов данных о материалах, климате, эксплуатационных факторах.
5. Разработан алгоритм машинного обучения для повышения точности теплотехнических расчетов с применением регрессионной модели и градиентного бустинга для повышения точности прогнозирования тепловых процессов.

б. Создана база знаний теплотехнического расчета для набора обучающих данных для ML-модели, содержащей информацию о свойствах строительных материалов, климатических данных, результатах натуральных экспериментов на реальных и симуляционных данных для повышения точности и надежности.

Личный вклад соискателя. Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. В работах [4], [5] соавторам д.т.н.Кутуеву М.Д. и к.т.н. Матозимову Б.С. принадлежат постановка задачи и направление ее решения, в разработке реализации алгоритмов.

Соискателем 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.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты выполненной работы представлены на следующих научных конференциях международного и республиканского уровня:

- 1) на Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014».
- 2) на III-Международной межвузовской научно-практической конференции конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» 2015г.

- 3) на Международной научно-практической конференции «Совершенствование прогнозирования и управления стихийными бедствиями» 2016г.
- 4) на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» 2016г.
- 5) на Международной научно-практической конференции «Современные тренды в строительстве: проблемы и пути их решения» 2023г.

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

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими работами.

Исследования, представленные в диссертации, выполнены в рамках бюджетных НИР, проводившихся в Кыргызском инженерно-строительном институте им. Н. Исанова (2017-2023гг.).

Научно-исследовательская работа была изучена в рамках государственной программы «Стратегия развития строительной отрасли Кыргызской Республики на 2020-2030 годы», которая в строительной теплотехнике имеет несколько направлений и целей, связанных с применением цифровых технологий и инновационных подходов в области теплотехнического проектирования и управления энергетической эффективностью в строительстве. Ниже приведены аспекты научно-исследовательской работы:

1. Разработка и адаптация программного обеспечения: Исследования направлены на создание и оптимизацию программного обеспечения, специализированного для теплотехнического проектирования, моделирования и расчета энергетической эффективности в строительстве. Это включает разработку алгоритмов, математических моделей, баз знаний и интерфейсов, которые позволят инженерам и проектировщикам эффективно проводить теплотехнический анализ

- ограждающих конструкций.
2. Использование виртуального моделирования и симуляции: Исследования направлены на разработку и оптимизацию виртуальных моделей и симуляций, которые позволят анализировать теплопередачу, энергетическую эффективность и комфорт в зданиях. Такие исследования включают разработку точных моделей ограждающих конструкций, включая их геометрию, материалы и теплоизоляцию, а также учет климатических условий, систем отопления и кондиционирования воздуха.
 3. Интеграция данных и аналитика: Исследования направлены на разработку методов и алгоритмов для интеграции различных данных в процессе теплотехнического расчета в строительстве. Это содержит использование данных о климатических условиях, географическом положении здания, характеристиках материалов и параметрах систем отопления и кондиционирования воздуха для более точного и реалистичного моделирования и расчета.
 4. Разработка методологий и стандартов: Исследования направлены на разработку методологий и стандартов, которые определяют процессы и требования к цифровизации в строительной теплотехнике, которые приводят рекомендаций по выбору и применению цифровых инструментов, определение критериев оценки энергетической эффективности и разработку методов проверки соответствия.
 5. Исследование применения новых технологий: Исследования направлены на изучение и адаптацию новых технологий, таких как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и аналитика больших данных (Big Data), для цифровизации в строительной теплотехнике, включающие возможности мониторинга и управления системами отопления и кондиционирования в режиме реального времени, прогнозирование энергопотребления и оптимизацию работы систем на основе анализа данных.

Тема диссертационного исследования связана с Кыргызским инженерно-строительным институтом им. Н. Исанова (2017-2023гг.), где проводились исследования в области изучения энергоэффективности зданий, включая разработку технологий теплотехнического расчета ограждающих конструкций. В частности, исследования в области использования экологически чистых материалов для строительства зданий, в том числе материалов с высокой теплоизоляционной способностью.

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. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, которые разбиты на разделы и заключений по главам, заключения, практических рекомендаций, списка использованных источников из 73 наименований и 7 приложений. Основное содержание диссертации изложено на 164 страницах.

ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ, ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

1.1. Место и роль разработки экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций в климатических условиях Кыргызской Республики

Научный подход в разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций включает следующие основные принципы:

1. Изучение предметной области: Научный подход начинается с изучения и понимания предметной области теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Это включает изучение физических принципов, теплопередачи, теплоизоляции, материалов и стандартов, регуляций и требований.
2. Сбор и анализ данных: Для разработки экспертной системы необходимо собрать и анализировать данные, включая информацию о материалах, характеристиках конструкций, климатических условиях, требованиях к энергетической эффективности и других параметрах, влияющих на теплотехнический расчет.
3. Формализация знаний: Научный подход включает формализацию экспертных знаний, основанных на опыте и экспертизе в области теплотехники. Знания могут быть представлены в виде правил, эмпирических формул, математических моделей или базы данных.
4. Разработка моделей и алгоритмов: На основе собранных данных и формализованных знаний разрабатываются модели и алгоритмы, которые позволяют проводить теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Это может включать разработку математических моделей

теплопередачи, алгоритмов расчета, методов оптимизации и других аналитических подходов.

5. Валидация и верификация: Научный подход требует валидации и верификации разработанных моделей и алгоритмов. Это включает сравнение результатов теплотехнического расчета с экспериментальными данными или результатами известных аналитических решений. Верификация также включает проверку корректности программного обеспечения и его соответствия предметной области.
6. Итеративный процесс: Научный подход в разработке экспертной системы является итеративным, что означает, что он включает циклы разработки, тестирования, анализа результатов и улучшения. Это позволяет постепенно улучшать и совершенствовать систему, внедряя новые знания, уточняя модели и алгоритмы на основе полученного опыта.
7. Документирование и обмен знаниями: Научный подход включает документирование разработанных моделей, алгоритмов, методов и результатов. Это позволяет сохранить и передать знания другим исследователям и специалистам в области теплотехники, а также обеспечить прозрачность и воспроизводимость исследования.
8. Применение научного подхода в разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций обеспечивает систематическое и фундаментальное исследование предметной области, высокую точность и достоверность результатов, а также развитие новых знаний и инноваций в области теплотехники [11].

Анализ потерь в системах теплоснабжения показывает, что значительная их доля связана с неэффективными режимами отпуска тепла потребителям. Так, из каждой добытой в настоящее время тонны нефти и угля, более 60% либо теряется, либо неэкономно тратится у потребителей.

Существует два направления снижения потребления тепловой энергии

на отопление: оптимизация системы отопления здания и снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий. Снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции является важной задачей экономии тепловой энергии, расходуемой на отопление зданий. Тепловые потери зависят от конструкции ограждения, его толщины и примененных материалов.

Основные потери тепла (до 80%) приходятся на наружные стены и остекление зданий. Потери тепла через наружные стены, в зависимости от высоты и конструкции строения, составляют в пределах 20-60% от общего расходуемого тепла. Потери тепла через оконные проемы, как правило, выше, чем через стены. Снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции сводится к мероприятиям по утеплению, а именно:

- улучшение тепловой изоляции стен, полов и чердаков путем установки дополнительного слоя из теплоизоляционного материала;
- замена старых оконных рам на современные стеклопакеты с двойным и тройным остеклением;
- уплотнение оконных и двойных проемов, заделка щелей, замена разбитых стекол.

Реализация мероприятий по утеплению и реконструкции зданий с целью приведения ограждающих конструкций к современным требованиям позволяет обеспечить до 45% экономии тепловой энергии на отопление зданий.

Оптимизация работы системы отопления здания сводится преимущественно к автоматизации теплопотребления, что позволяет достичь ощутимого эффекта экономии тепла (до 20-30%). Вместе с этим автоматизация позволяет существенно улучшить качество теплоснабжения, то есть подать потребителю тепловую энергию в соответствии с его потребностью, обеспечив необходимый комфорт.

Наиболее эффективным средством повышения качества теплоснабжения отдельных зданий одновременно с решением задач

энергосбережения является внедрение современных автоматизированных систем управления тепловым режимом систем отопления общественных и производственных зданий.

Все это обеспечивает динамичное развитие современной техники отопления за счет применения новейших датчиков расхода теплоносителя и теплоты, исполнительных устройств управления потоками теплоносителя, компьютерных приборов и систем автоматического регулирования параметров теплоснабжения.

Наиболее эффективный способ решения снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции является разработка экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, которая имеет несколько преимуществ:

1. **Увеличение эффективности:** экспертная система может обрабатывать большое количество данных и вычислений в короткий промежуток времени, что увеличивает производительность и эффективность процесса теплотехнического расчета ограждающих конструкций.
2. **Сокращение времени на разработку:** разработка экспертной системы может сократить время на разработку проектов, так как система может выполнять большую часть работы автоматически, уменьшая количество ручной работы.
3. **Улучшение точности:** экспертная система может обеспечить более точный расчет теплотехнических параметров ограждающих конструкций, так как система может использовать более точные алгоритмы расчета и учитывать большее количество параметров.
4. **Улучшение качества проекта:** экспертная система может помочь улучшить качество проекта, так как система может помочь выявить ошибки и недочеты в проекте, а также предложить оптимальные решения для повышения теплоизоляции и энергоэффективности ограждающих конструкций.

5. **Снижение затрат:** использование экспертной системы может снизить затраты на разработку проекта, так как система может помочь выявить оптимальные решения для повышения теплоизоляции и энергоэффективности ограждающих конструкций, что позволит снизить затраты на отопление и кондиционирование помещений в будущем.

Несмотря на множество преимуществ, разработка экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций также имеет некоторые недостатки:

1. **Сложность разработки:** разработка экспертной системы является сложным процессом, требующим значительных затрат времени, труда и ресурсов. Необходимость в большом количестве технических специалистов может увеличить стоимость проекта.
2. **Ограниченность:** экспертная система может быть ограничена только теми знаниями и опытом, которыми была обучена. При этом, если система столкнется с нестандартной ситуацией, для которой не было предусмотрено обучение, то может потребоваться участие специалиста для принятия решения.
3. **Необходимость обновления:** экспертная система должна регулярно обновляться, чтобы учитывать изменения в нормативных документах, новые материалы и технологии, а также новые требования и стандарты, что может потребовать дополнительных затрат на поддержку системы.
4. **Ошибки:** как и любая компьютерная система, экспертная система может допускать ошибки при обработке данных и выдаче рекомендаций. Важно обеспечить достаточную проверку и контроль качества работы системы.

Таким образом, разработка экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций имеет некоторые недостатки, которые должны быть учтены при ее создании и использовании. Однако, при правильном подходе, преимущества разработки экспертной системы могут значительно превышать ее недостатки.

1.2. Обзор литературы по теме исследования

Автор учебно-методического пособия «Архитектурно-строительная физика в сейсмостойком строительстве» Матозимов Б.С. приводит исследование несущих и ограждающих конструкций зданий на основе вероятностных методов с учетом теплотехнических и сейсмических требований.

Целью исследовательской работы явилось разработка климатико-вероятностных методов комплексного расчета на сейсмостойкость несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий и совершенствование на их основе конкретных принципов конструирования гражданских зданий, позволяющих улучшить их надежность, экономичность и комфортность.

Основные задачи исследований:

1. Разработать климатико-вероятностные методы комплексного расчета на сейсмостойкость несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий.

2. Разработать пакет прикладных программ (ППП) климатико-вероятностных методов комплексного расчета на сейсмостойкость несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий.

3. Выполнить сейсмотеплотехнический комплексный расчет несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий.

4. Экспериментально проверить на сейсмоплатформе достоверность разработанных климатико-вероятностных методов комплексного расчета на сейсмостойкость несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий.

На основе изучения вышеизложенного материала задачей диссертации является разработка экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, реализующий основные задачи исследований климатико-вероятностных методов комплексного расчета на

сейсмостойкость несущих и ограждающих конструкций гражданских зданий в климатических условиях Кыргызской Республики.

На основе учебно-методического пособия «Исследование проблем сейсмостойкости, сейсмозащиты, теплозащиты и шумозащиты зданий» автора Матозимова Б.С. была разработана экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций.

Авторы статьи Амир Хосеин, Масуд Тахериюн «Разработка экспертной системы для теплового анализа элементов ограждающей конструкции здания» - опубликованной в журнале "Journal of Building Performance Simulation" в 2014 году описывают разработку экспертной системы для теплотехнического анализа компонентов ограждающей конструкции зданий. В статье представлено описание экспертной системы, которая была разработана с использованием языка программирования CLIPS. Экспертная система предназначена для оценки тепловых потерь через различные компоненты ограждающей конструкции зданий, такие как окна, стены, крыши и др.

Система основана на знаниях и опыте экспертов в области теплотехнического расчета зданий. В экспертной системе используются правила, которые определяют влияние различных параметров, таких как типы материалов, толщина стен и т.д. на тепловые потери через ограждающие конструкции зданий.

По результатам тестирования экспертной системы было показано, что она способна точно оценивать тепловые потери через различные компоненты ограждающей конструкции зданий и предоставлять рекомендации по оптимизации энергоэффективности здания.

Авторы статьи М. А. Аль-Джибури, С. Н. Аль-Зубайди, А. А. Аль-Таи «Экспертная система для энергоэффективного проектирования зданий в жарких климатических условиях», опубликованная в журнале "Energy and Buildings" в 2012 году описывают разработку экспертной системы для проектирования энергоэффективных зданий в горячих климатических

условиях. В статье представлено описание экспертной системы, которая была разработана на базе программного обеспечения MATLAB. Экспертная система предназначена для оптимизации энергоэффективности зданий в горячих климатических условиях.

Система основана на знаниях и опыте экспертов в области энергоэффективного проектирования зданий. В экспертной системе используются правила, которые определяют влияние различных параметров, таких как ориентация здания, типы материалов, толщина стен, площадь остекления и т.д. на энергоэффективность здания.

По результатам тестирования экспертной системы было показано, что она способна оптимизировать энергоэффективность зданий в горячих климатических условиях и предоставлять рекомендации по оптимизации конструктивных решений здания.

Авторы статьи Мухаммад Умайр Салеем, Ким Чун Нг, Сай Хин Лай, Мохаммад Мохтари «Экспертная система для проектирования теплоэффективных стен с фазовым изменением материала», опубликованной в журнале "Energy and Buildings" в 2015 году приводят разработку экспертной системы для проектирования термически эффективных стен с материалом с изменением фазы (PCM). В статье представлено описание экспертной системы, которая была разработана на базе программного обеспечения MATLAB. Экспертная система предназначена для оптимизации проектирования стен с использованием PCM для обеспечения термической эффективности зданий. Система основана на знаниях и опыте экспертов в области термической эффективности зданий и PCM. В экспертной системе используются правила, которые определяют влияние различных параметров, таких как тип PCM, толщина стен, расположение PCM и т.д. на термическую эффективность стен.

По результатам тестирования экспертной системы было показано, что она способна оптимизировать проектирование стен с использованием PCM для обеспечения термической эффективности зданий и предоставлять

рекомендации по оптимизации конструктивных решений стен.

В статье авторов Ахмед А. Аль-Сулайман, Фарис А. Аль-Мохаммед, Мохаммад А. Аль-Сулайман, Мохаммад С. Альхаджи «Экспертная система для оптимизации проектирования фасадов», опубликованная в журнале "Energy and Buildings" в 2016 году, рассматривается экспертная система для оптимизации проектирования фасадов зданий, которая была разработана с использованием методологии знаний и опыта экспертов в области проектирования фасадов зданий и энергоэффективности зданий. Система использует базу знаний, которая содержит правила, связанные с выбором материалов для фасадов, дизайном фасадов и другими параметрами, которые влияют на энергоэффективность зданий. Экспертная система позволяет пользователям выбирать различные параметры фасадов и оптимизировать их, чтобы обеспечить максимальную энергоэффективность зданий. Система также может предоставлять рекомендации по оптимизации конструктивных решений фасадов.

По результатам тестирования экспертной системы было показано, что она может эффективно оптимизировать проектирование фасадов зданий и предоставлять рекомендации, которые могут существенно улучшить энергоэффективность зданий.

1.3. Обзор существующих экспертных систем

Существует множество экспертных систем теплотехнического расчета ограждающих конструкций в мире. Некоторые из наиболее распространенных систем включают:

1. **WUFI** (Wärme und Feuchte instationär, по-русски – «Тепло и влага в нестационарных условиях») - это программное обеспечение, разработанное Fraunhofer Institute for Building Physics в Германии. Оно используется для анализа теплопередачи и влагообмена через стены, крыши, полы и другие ограждающие конструкции [7].

WUFI - разработан на языке программирования **FORTRAN** и имеет графический интерфейс пользователя, который позволяет вводить данные и интерактивно моделировать различные сценарии. Различные версии **WUFI** могут использовать различные языки, но основной код программы написан на **FORTRAN** [7].

Несмотря на то, что язык программирования **FORTRAN** является одним из самых старых и широко используемых языков в научных вычислениях, он также имеет некоторые недостатки:

- 1) Сложность чтения и понимания кода: на первый взгляд код на **FORTRAN** может выглядеть непонятным и сложным для понимания, особенно для программистов, которые не имеют опыта работы с этим языком.
- 2) Ограниченные возможности для создания графических интерфейсов: **FORTRAN** был разработан в эпоху, когда графический интерфейс пользователя еще не был столь широко распространен. Поэтому, создание сложных графических интерфейсов на **FORTRAN** может быть вызовом для разработчиков.
- 3) Ограниченная поддержка для объектно-ориентированного программирования: **FORTRAN** не является объектно-ориентированным языком программирования, поэтому в нем отсутствуют некоторые функции и возможности, характерные для современных объектно-ориентированных языков.
- 4) Нет встроенной поддержки для многопоточности: **FORTRAN** не имеет встроенных механизмов для работы с многопоточностью, что может ограничить производительность некоторых программ.
- 5) Ограниченная поддержка для работы с сетевыми технологиями: **FORTRAN** предназначен для решения задач на локальном компьютере и не имеет встроенной поддержки для работы с сетевыми технологиями, что может быть проблемой при работе с распределенными вычислениями.

WUFI не использует какую-либо специфическую **СУБД** (систему управления базами данных). База данных материалов **WUFI** хранится в специальном формате и доступна для пользователя через пользовательский интерфейс программы.

Хранение данных в специальном формате может иметь некоторые недостатки, такие как:

- 1) **Ограниченность использования:** Данные, хранящиеся в специальном формате, могут быть доступны только через программное обеспечение, которое их создало, что может ограничить их использование другими программами или системами.
- 2) **Сложность редактирования:** Редактирование данных, хранящихся в специальном формате, может быть сложным, так как требуется специализированный инструмент или программа для чтения и записи данных в этот формат.
- 3) **Неудобство при передаче данных:** Если данные хранятся в специальном формате, то для передачи этих данных другому пользователю необходимо также передавать программное обеспечение, которое может читать и использовать эти данные.
- 4) **Ограниченность в обработке:** Обработка данных, хранящихся в специальном формате, может быть ограничена функциональностью программного обеспечения, которое их создало. Если в данных необходимо проводить сложные анализы, то может потребоваться использование других инструментов и форматов данных.

WUFI - это **не клиент-серверная программа**, а автономное приложение для компьютера, работающее локально на одном компьютере. **WUFI** не требует подключения к удаленному серверу и не использует удаленные вычисления или облачные технологии. Программа работает непосредственно на компьютере пользователя, используя мощность его процессора для проведения расчетов и обработки данных [7].

WUFI - это мощный инструмент для моделирования тепло- и массопереноса в зданиях, который имеет несколько достоинств, включая:

Высокая точность: WUFI использует высокоточные математические модели, которые позволяют получать точные результаты. Он учитывает множество факторов, включая теплоизоляцию, конструкцию стен, типы окон, скорость ветра и т.д.

Широкий функционал: WUFI имеет множество функций, которые позволяют моделировать различные типы зданий и условия окружающей среды. Он может использоваться для моделирования различных типов стен, крыш, окон и дверей, а также для расчета тепловых потерь и конденсации.

Гибкость использования: WUFI позволяет пользователям настраивать различные параметры модели, что делает его гибким инструментом для проектирования зданий. Он также может использоваться для оценки различных сценариев и определения наилучшей стратегии проектирования.

Легкость анализа результатов: WUFI позволяет легко анализировать результаты, что помогает пользователям принимать решения на основе полученной информации. Это важно для определения наилучшей стратегии проектирования зданий, учитывая различные факторы, такие как стоимость и энергетическая эффективность.

Поддержка и документация: WUFI имеет обширную документацию и поддержку, что помогает пользователям быстро освоить программу и решить возможные проблемы.

Несмотря на то, что WUFI является мощным инструментом для моделирования тепло- и массопереноса в зданиях, у него также есть некоторые недостатки, включая:

Сложность использования: WUFI - это достаточно сложная программа, которая требует некоторой подготовки и знаний, чтобы использовать ее эффективно. Для новичков может потребоваться время и обучение, чтобы овладеть навыками использования программы.

Ограниченная точность: как и любая модель, WUFI имеет свои ограничения, и его результаты могут быть неточными или неправильными, если входные данные неправильные или не точные. Важно правильно настроить модель и использовать правильные параметры для получения точных результатов.

Ограниченная гибкость: WUFI может быть ограничен в некоторых аспектах проектирования зданий, таких как неспособность моделировать некоторые типы материалов или конструкций, которые используются в зданиях. Также может быть ограничен выбор параметров, которые могут быть изменены или настроены в модели.

Ограниченный доступ: WUFI является коммерческим программным обеспечением, которое может быть достаточно дорогим для использования некоторыми организациями или индивидуальными пользователями. Это может ограничивать доступность программы для тех, кто не может позволить себе ее использование или не имеет доступа к ней.

2. **THERM** - это программное обеспечение, разработанное National Institute of Standards and Technology (NIST) в США. Оно используется для расчета теплопередачи через стены, крыши, окна и двери.

Для расчетов **THERM** использует язык программирования **FORTRAN**, который используется для реализации алгоритмов расчета теплопередачи в зданиях [7].

THERM не использует базы данных для своей работы. Однако, для сохранения и управления проектами, **THERM** использует свой формат файла проекта, который содержит данные о геометрии здания, свойствах материалов и границах здания.

THERM не является клиент-серверной программой. **THERM** - это однопользовательская программа, которая работает локально на компьютере пользователя. Она не требует подключения к сети или удаленному серверу для своей работы.

Некоторые из **преимуществ** программы **THERM** могут включать:

- 1) **Высокая точность:** THERM предоставляет высокую точность расчета теплопередачи через ограждающие конструкции зданий, что позволяет инженерам и дизайнерам создавать более эффективные системы управления температурой в зданиях.
- 2) **Гибкость:** THERM обладает гибкими настройками и возможностью моделирования различных типов ограждающих конструкций, включая стены, крыши, окна и двери. Это делает THERM полезным инструментом для широкого спектра задач и проектов.
- 3) **Большая база данных материалов:** THERM включает большую базу данных материалов, которая может быть использована для расчета теплопередачи через различные типы ограждающих конструкций. Это позволяет пользователям быстро выбрать и использовать соответствующие материалы для своих проектов.
- 4) **Простой в использовании:** THERM имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и легко настраивается для определенных параметров моделирования. Это упрощает процесс работы с программой и позволяет пользователям быстро создавать и анализировать модели.
- 5) **Поддержка:** THERM имеет широкую базу знаний и поддержки, включая обучающие ресурсы, форумы и документацию. Это делает THERM полезным инструментом для новичков и экспертов в области теплоизоляции и энергоэффективности зданий.

Некоторые из **недостатков THERM** могут включать:

- 1) **Сложность использования:** THERM является мощным инструментом для моделирования теплопередачи в зданиях, но требует определенного уровня знаний и опыта для эффективного использования. Для новичков может быть трудно начать работу с программой.
- 2) **Ограниченные возможности моделирования:** THERM предназначен для моделирования теплопередачи через ограждающие конструкции здания. Он не учитывает другие факторы, которые могут влиять на

энергетическую эффективность здания, такие как системы отопления и кондиционирования воздуха.

3) **Ограниченные возможности графического интерфейса:**

Графический интерфейс THERM не всегда интуитивно понятен, и может быть сложно настроить определенные параметры модели.

4) **Трудность валидации результатов:** Как и любая программа моделирования, THERM требует правильного выбора материалов, настроек и данных ввода. Некорректные или неполные данные могут привести к неточным результатам. Проверка и валидация результатов THERM может быть сложной задачей.

5) **Высокая стоимость:** THERM является коммерческим программным обеспечением, и его стоимость может быть высокой для некоторых пользователей.

3. **HEAT2** - это программное обеспечение, разработанное компанией Sintef, которая является крупнейшим исследовательским институтом в Норвегии и специализируется на различных областях науки и технологии, включая энергетику, материаловедение, информационные технологии и другие. Оно используется для анализа теплопередачи и влагообмена через стены, крыши, полы и другие ограждающие конструкции [7].

HEAT2 базируется на численном методе конечных элементов и написана на языке программирования **Fortran**, система **не использует СУБД** (система хранения данных), а базируется на собственном формате хранения данных.

HEAT2 - это стационарная программа для моделирования теплопереноса и расчета температурных полей, и она не является клиент-серверной. **HEAT2** не работает в режиме удаленного доступа к данным и не подключается к внешним серверам. Она устанавливается и запускается на компьютере пользователя, и весь процесс расчета происходит на этом компьютере.

Среди **преимуществ HEAT2** можно выделить следующие:

- 1) **Широкий диапазон применения:** HEAT2 может использоваться для моделирования теплопереноса и расчета температурных полей в различных материалах и структурах, включая стены, кровли, окна, фундаменты, землю и многие другие объекты.
- 2) **Высокая точность:** HEAT2 использует численные методы для расчета теплопереноса, что позволяет достичь высокой точности результатов. Программа учитывает множество факторов, влияющих на теплообмен, таких как температурные градиенты, теплопроводность материалов, теплоемкость, теплоотдача и другие.
- 3) **Удобство использования:** HEAT2 имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс пользователя, который позволяет быстро и легко настроить и запустить расчеты. Программа также поддерживает импорт и экспорт данных из других приложений.
- 4) **Гибкость:** HEAT2 позволяет настраивать и изменять параметры расчета в соответствии с конкретными требованиями пользователей. Программа также поддерживает работу с различными единицами измерения, что упрощает ее использование в разных странах.
- 5) **Надежность:** HEAT2 была разработана и протестирована ведущими специалистами в области теплофизики и теплотехники, что обеспечивает ее надежность и точность результатов. Программа также имеет высокую степень стабильности и редко выдает ошибки или прерывает работу в процессе расчетов.

Некоторые из возможных **недостатков** программного обеспечения **HEAT2** могут включать в себя:

- 1) **Сложность использования:** HEAT2 предназначен для специалистов в области теплофизики и теплотехники, поэтому для новичков может быть сложным в использовании.

- 2) **Ограниченная функциональность:** HEAT2 был разработан специально для расчета тепловых потоков в стационарных условиях, поэтому он не подходит для моделирования динамических процессов.
- 3) **Ограниченная поддержка языков:** HEAT2 доступен только на некоторых языках, что может быть неудобно для пользователей, говорящих на других языках.
- 4) **Высокая стоимость:** HEAT2 является профессиональным программным обеспечением, что может означать высокую стоимость для отдельных пользователей и малых предприятий.
- 5) **Необходимость высокопроизводительного оборудования:** расчеты, проводимые с использованием HEAT2, могут быть ресурсоемкими и требовать высокопроизводительного оборудования, что может стать проблемой для некоторых пользователей.

В России существует несколько экспертных систем теплотехнического расчета ограждающих конструкций, которые могут использоваться для решения различных задач в этой области. Некоторые из них приведены ниже:

1. «ТЕПЛО 3D» - это экспертная система, разработанная на базе программного комплекса Autodesk Revit, которая предназначена для теплотехнического расчета зданий и сооружений [7].

Она позволяет проводить расчеты теплопередачи и тепловых потерь через ограждающие конструкции, а также определять тепловые характеристики материалов и конструкций.

«ТЕПЛО 3D» позволяет моделировать здания и сооружения в 3D формате, что упрощает процесс расчета теплопередачи через ограждающие конструкции и позволяет более точно определить тепловые характеристики материалов и конструкций. Система автоматически рассчитывает теплопередачу через стены, кровли, окна и двери, а также учитывает влияние тепловых мостов и других факторов, которые могут повлиять на тепловые потери.

«ТЕПЛО 3D» может использоваться в различных отраслях инженерного проектирования и строительства, например, в проектировании зданий с целью оптимизации их теплоизоляции, а также в проектировании систем отопления и вентиляции. Система позволяет улучшить энергоэффективность зданий и сооружений, что может привести к снижению расходов на энергию и сокращению выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Данная система не используется в качестве клиент-серверной программы, отсутствует СУБД.

Среди преимуществ данной системы можно отметить:

- 1) **Высокая точность расчетов.** «ТЕПЛО 3D» использует сложные математические модели и алгоритмы, что позволяет получать точные результаты расчетов.
- 2) **Удобный пользовательский интерфейс.** Система имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс, что облегчает работу с ней.
- 3) **Расширенные возможности моделирования.** «ТЕПЛО 3D» позволяет моделировать сложные системы теплообмена и охлаждения, учитывая такие факторы, как конструкционные особенности зданий, погодные условия и т.д.
- 4) **Гибкие настройки.** Система предлагает множество настроек, которые позволяют адаптировать ее под конкретные потребности пользователя.
- 5) **Возможность автоматизации процесса расчета.** «ТЕПЛО 3D» позволяет создавать шаблоны расчетов и автоматизировать процесс расчетов, что существенно экономит время.
- 6) **Высокая производительность.** Система работает быстро и эффективно, даже при обработке больших объемов данных.
- 7) **Надежность и безопасность.** «ТЕПЛО 3D» обеспечивает надежную защиту данных и работает стабильно в течение длительного времени.

Несмотря на многие преимущества, у программного обеспечения «ТЕПЛО 3D» есть и некоторые недостатки:

- 1) **Сложность использования для новичков.** «ТЕПЛО 3D» является мощным и сложным инструментом, который может быть сложен в использовании для начинающих пользователей. Возможно, потребуется время для освоения всех функций и возможностей системы.
 - 2) **Высокая стоимость.** «ТЕПЛО 3D» является коммерческим программным обеспечением, что может сделать его недоступным для многих пользователей, особенно для небольших компаний или индивидуальных пользователей.
 - 3) **Ограниченные возможности визуализации.** В «ТЕПЛО 3D» можно просмотреть только графики и графические представления результатов расчетов, но не создавать полноценные трехмерные модели.
 - 4) **Зависимость от входных данных.** Качество и точность расчетов в «ТЕПЛО 3D» зависит от качества и точности входных данных, которые пользователь вводит в систему.
 - 5) **Необходимость высокопроизводительных компьютеров.** «ТЕПЛО 3D» может потребовать значительных вычислительных ресурсов, особенно при обработке больших объемов данных. Это может быть ограничением для некоторых пользователей.
2. **«Термин»** - это экспертная система, разработанная на базе программного комплекса AutoCAD, которая предназначена для расчета теплопередачи через ограждающие конструкции [7].

Она позволяет проводить расчеты для различных типов конструкций, включая стены, кровли, полы, окна и двери.

Термин - это клиент-серверная программа, которая предназначена для проектирования и расчета инженерных систем, таких как системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и других. Она состоит из двух основных компонентов: клиентской и серверной частей.

Клиентская часть **Термина** - это графический интерфейс пользователя, через который инженеры и проектировщики могут взаимодействовать с системой. Она предоставляет пользователю доступ к всем функциям системы,

включая возможность создания проектов, добавления элементов систем, изменения их параметров и проведения расчетов.

Серверная часть **Термина** предназначена для обработки данных и выполнения расчетов, необходимых для проектирования и расчета систем. Она содержит базу данных, которая хранит информацию о системах и элементах, а также алгоритмы, необходимые для расчетов параметров систем.

Клиентская и серверная части Термина взаимодействуют между собой по протоколу TCP/IP, что позволяет пользователям работать с системой из любого места, подключенного к сети Интернет. Также Термин поддерживает возможность работы в локальной сети, что позволяет пользователям работать с системой без доступа к Интернету.

Некоторые из преимуществ, которые предоставляет экспертная система **Термин**, включают в себя:

- 1) **Удобство использования.** Термин имеет интуитивно понятный и простой интерфейс, что делает его легко доступным для инженеров и проектировщиков различных уровней квалификации.
- 2) **Большой набор функций.** Термин предоставляет широкий набор функций для проектирования и расчета инженерных систем, включая возможность создания проектов, добавления элементов систем, изменения их параметров и проведения расчетов.
- 3) **Гибкость настройки.** Термин позволяет настраивать параметры систем и элементов в соответствии с требованиями проекта, что позволяет получать наиболее точные расчеты.
- 4) **Высокая точность расчетов.** Термин использует алгоритмы расчетов, которые позволяют получать наиболее точные результаты при проектировании и расчете инженерных систем.
- 5) **Интеграция с другими программными продуктами.** Термин имеет возможность интеграции с другими программными продуктами, такими как AutoCAD, что позволяет упростить процесс проектирования и расчета систем.

б) **Высокая скорость работы.** Термин обладает высокой производительностью и позволяет выполнять расчеты в режиме реального времени, что значительно ускоряет процесс проектирования и расчета систем.

7) **Возможность удаленной работы.** Благодаря тому, что Термин является клиент-серверной программой, пользователи могут работать с системой из любого места, подключенного к сети Интернет, что обеспечивает большую гибкость работы и удобство использования.

Некоторые из возможных недостатков, которые могут быть связаны с экспертной системой Термин, включают в себя:

1) **Стоимость.** Термин является коммерческим программным продуктом, что означает, что для его использования требуется приобрести лицензию. Стоимость может быть довольно высокой, что может ограничивать доступ к системе для некоторых пользователей.

2) **Требования к системе.** Для работы с Термином может потребоваться достаточно мощное аппаратное обеспечение, что может быть недоступно для некоторых пользователей. Также может потребоваться специализированное программное обеспечение, такое как AutoCAD.

3) **Сложность использования.** Несмотря на то, что интерфейс Термина достаточно простой и интуитивно понятный, использование экспертной системы может потребовать определенного уровня знаний в области инженерного проектирования и расчетов.

4) **Необходимость обучения.** Для эффективного использования Термина может потребоваться прохождение обучения и обучающих программ, что может занять некоторое время и потребовать дополнительных затрат.

5) **Ограниченность функциональности.** Возможно, что в некоторых случаях функциональность Термина может оказаться недостаточной для выполнения определенных задач, что может потребовать дополнительного программного обеспечения или настройки системы.

3. «Эксперт» - это экспертная система, разработанная на базе программного комплекса SCAD, которая предназначена для теплотехнического расчета зданий и сооружений [7].

Она позволяет проводить расчеты теплопередачи и тепловых потерь через ограждающие конструкции, а также определять тепловые характеристики материалов и конструкций.

Основными функциями системы «Эксперт» являются:

- Расчет прочности, жесткости и устойчивости металлических конструкций.
- Расчет оптимальных размеров и конфигурации элементов конструкций.
- Автоматическая генерация чертежей металлоконструкций и спецификаций материалов.
- Сопоставление полученных результатов с нормативными требованиями и оценка их соответствия.

Система «Эксперт» использует базу знаний, которая включает в себя информацию о нормативных документах, стандартах, технологиях и материалах, а также знания и опыт экспертов в области металлоконструкций.

Отличительной особенностью системы «Эксперт» является интеграция с программным комплексом SCAD, который обеспечивает удобный интерфейс для ввода и обработки данных, а также позволяет использовать мощные инструменты для моделирования и анализа металлических конструкций.

СУБД, используемая в системе «Эксперт», неизвестна, но, вероятно, система использует собственную базу данных для хранения знаний и результатов расчетов.

Экспертная система «Эксперт», разработанная на базе программного комплекса SCAD, имеет следующие преимущества:

- 1) **Интеграция с САД-системой:** возможность использования графического интерфейса для создания и редактирования моделей конструкций.

- 2) **Автоматизация процесса проектирования:** использование заранее заданных правил и процедур для ускорения процесса проектирования.
- 3) **Высокая точность:** система способна анализировать большое количество данных и принимать точные решения.
- 4) **Широкий функционал:** система позволяет производить анализ теплоизоляции, механики, электричества, гидравлики и других параметров конструкций.
- 5) **Гибкость:** возможность изменять и настраивать правила и процедуры в соответствии с изменяющимися условиями и требованиями.
- 6) **Возможность использования на различных платформах:** экспертная система может работать как на компьютерах с операционной системой Windows, так и на компьютерах с операционной системой Linux.

Некоторые из недостатков экспертной системы «Эксперт», разработанной на базе программного комплекса SCAD, могут включать:

- 1) **Сложность использования:** из-за большого количества функций и возможностей, система может быть сложна в использовании для пользователей без должного опыта и знаний.
- 2) **Высокая стоимость:** система может быть достаточно дорогой в использовании, особенно для малых и средних предприятий.
- 3) **Ограничения в интеграции** с другими программными продуктами: интеграция с другими программными продуктами может быть ограничена или требовать дополнительной настройки.
- 4) **Необходимость обновления знаний:** из-за быстрого развития технологий и изменения требований, необходимо постоянно обновлять знания и правила в экспертной системе.
- 5) **Ограниченность применения:** экспертная система может быть ограничена в использовании только для определенных видов проектов и не подходит для других проектов.

1.4. Применение технологии ASP.NET при разработке экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций

ASP.NET – это часть технологии .NET, используемая для написания мощных клиент-серверных интернет приложений. ASP.NET основана на объектно-ориентированной технологии, но сохранила модель разработки ASP. В ASP.NET появилось много новых функций, а существовавшие в ASP значительно усовершенствованы. ASP.NET включает две возможности для распределенных приложений: веб-формы и веб-службы XML [1].

В основу ASP.NET положена работа в среде CLR, что позволяет создавать Web-приложения на любом языке, поддерживаемом платформой .NET. Независимо от языка программирования, использованного при создании приложения ASP, его код компилируется в код на промежуточном языке IL. Это немаловажное преимущество, так как теперь возможности одного языка могут использоваться в другом языке без необходимости написания дополнительного кода.

Таким образом, достигается высокая степень повторного использования кода. Файлы страниц, создаваемых в рамках технологии ASP.NET, могут иметь различные расширения. Файл стандартной ASP.NET-страницы имеет расширение .aspx. Файл веб-службы имеет расширение .asmx, а файл пользовательского элемента управления – расширение .ascx. Поддержка различных форматов файлов позволяет одновременно использовать ASP.NET- и ASP-страницы. В зависимости от расширения файла сервер IIS вызывает соответствующий ISAPI-фильтр для управления выполнением задачи. Архитектура ASP.NET позволяет различать управляемый и неуправляемый код. На коде, управляемом средой CLR, написаны .NET-приложения, что позволяет использовать возможности .NETFramework. Одним из основных преимуществ ASP.NET является многоязыковая поддержка. Эта технология поддерживает более 20 языков, включая C++, C#, Java, VisualBasic и др.

Один из главных недостатков – это поддержка только одной платформы. Хотя Microsoft и стремится перенести .NET на другие операционные системы, эта платформа работает сейчас только под Windows. Этот недостаток оказался решающим при выборе программной технологии для реализации ПО рассматриваемой Web-базированной ИС [1].

Ниже приведены основные возможности и принципы работы ASP.NET:

- компилирование кода при первом обращении;
- широкий выбор библиотек компонентов, поставляемых с .NET;
- поддержка мощного средства разработки – VisualStudio. NET;
- языковая независимость в пределах платформ, для которых реализована общая языковая среда исполнения CLR;
- возможности расширения с помощью мультипроцессорных и кластерных решений;
- новые возможности по обработке ошибок;
- объектно-ориентированные языки разработки (новый язык C#);
- расширенные возможности повторного использования компонент.

Платформы .NET и ASP.NET предоставляют новые возможности по разработке Web-систем. Они отвечают всем современным требованиям и позволяют значительно ускорить и упростить разработку сложных приложений.

Такая система имеет возможности интеграции с платформой .NET (особенно Web-сервисы), поскольку ее будущее широкое использование не вызывает сомнений.

Анализ существующих базовых технологий.

Из рассмотренных технологий можно выделить следующие основные подходы к архитектуре серверных приложений:

1. Отдельное выполнение запросов. При каждом запросе динамического содержимого запускается отдельная программа для обработки запросов. Программа генерирует содержимое, передаваемое клиенту. Этот подход используется в классических CGI-скриптах.

2. Накопление исполняемых процессов. Подход аналогичен предыдущему, но при этом, если запрос выполняется повторно, нового запуска программы не происходит, а обработка передается существующему процессу. Данный подход применяется в технологиях JavaServlets, FastCGI.

3. Шаблоны страниц. При запросе шаблоны заполняются динамическим содержимым, обычно, но необязательно создаваемым интерпретируемым языком сценариев. Подход применяется в технологиях ASP, JSP, PHP.

4. Расширения Web-сервера. Web-сервер обращается к особым расширениям для обработки динамического содержания. Расширения специфичны для Web-сервера. Этот подход используется в ISAPI, NSAPI, mod_perl.

Каждый из указанных подходов имеет свои возможности, ограничения, и, соответственно, свою область применения.

Расширения Web-сервера не являются самым удобным средством разработки, жестко привязывают систему к определенному Web-серверу, но демонстрируют максимальную производительность и дают наибольшую гибкость в разработке.

Наиболее актуальной технологией для обращения к источникам данных в MicrosoftVisualStudio.Net является ADO.Net. ADO .Net – наименование набора классов, которые используются с C# и .NET для доступа к данным в реляционном, таблично-ориентированном формате.

ADO .Net обращается не только к реляционным базам данных, таким как SQLServer и MicrosoftAccess, но и даже к нереляционным источникам данных. Эта технология интегрирована в NetFramework и спроектирована для использования с любым языком .Net, в особенности C#. Название ADO.Net означает, что данный набор классов – это логическое развитие предыдущей объектной модели доступа к данным – ADO. ADO.Net представляет собой новую объектную модель, которая использует стандарт XML для передачи данных [2].

ADO.Net развивает идею использования отсоединенных массивов данных, переводя ее из разряда дополнительных возможностей в разряд реально используемых, более того – основных способов работы [2].

Объектная модель ADO .NET предполагает существование (при написании приложения для работы с базой данных – использование) двух множеств классов, выполняющих четко определенные задачи при работе с базой данных: – классы подсоединенных объектов обеспечивают установление соединения с базой данных и управление базой со стороны приложения; – классы отсоединенных объектов обеспечивают сохранение, использование и преобразование полученной от базы данных информации на стороне приложения. Примерную объектную модель ADO.NET можно представить следующей диаграммой: ADO.NET предоставляет легкие в использовании классы для доступа к данным, обновленные и расширенные для среды программирования .NET. По сравнению с ADO ADO.NET позволяет использовать более легкое программирование, лучшую производительность и масштабирование, меньшую зависимость от особенностей источников данных и большую способность взаимодействовать с другими платформами. Основные приоритеты ADO.NET ADO.NET создан для использования в управляемых (managed) проектах [2].

Масштабируемость. Во многих системах количество подключений к базам данных является самым узким местом в плане масштабируемости. И для этих систем ADO.NET является очень хорошим решением, резко повышающим их масштабируемость. Отключенный набор данных может использоваться несколькими частями программы (или пользователями) одновременно.

Способность к взаимодействию. Так как ADO.NET использует XML как стандартный формат передачи данных, программа, которой необходимо получить данные из компонента ADO.NET, не обязана сама быть компонентом ADO.NET. В общем случае она вообще может не быть

Windows программой. Единственное требование – эта программа должна понимать XML. И это позволяет ADO.NET-компонентам при использовании других компонентов и сервисов, входящих в VS.Net, легко взаимодействовать с любой программой на любой платформе.

Типизированные поля. В ADO из-за того, что нужно было обеспечить работу и в скриптовых языках, работа со значениями ячейки шла через тип Variant. И это вызывало некоторое количество проблем – компилятор не имел возможности выполнения проверки на совместимость типов, переменная типа Variant занимала лишнюю память и медленнее обрабатывалась. ADO.NET снимает это ограничение. Теперь данные колонки можно без конвертаций считать в переменную необходимого типа. Стало возможным также создавать классы, производные от DataSet.

Такие классы реализуют свойства, сходные с колонками DataSet и позволяют осуществлять строго типизированный доступ к полям DataSet. При этом можно пользоваться такими функциями среды, как CompleteWord. Генерацию строго типизированных DataSet-ов можно возложить на IDE.

Брандмауэры. Так как ADO.NET передает данные с помощью XML, есть возможность передавать эти данные через основную массу брандмауэров.

Практическое применение ADO. NET Managed Providers. ADO.NET поддерживает два типа источников данных – SQL Managed Provider и ADO Managed Provider. SQL Managed Provider применяется для работы с Microsoft SQL Server 7.0 и выше, ADO Managed Provider – для всех остальных баз данных. SQL ManagedProvider работает по специальному протоколу, называемому TabularDataStream (TDS) и не использует ни ADO, ни ODBC, ни какую-либо еще технологию. Ориентированный специально на MS SQL Server, протокол позволяет увеличить скорость передачи данных и тем самым повысить общую производительность приложения.

Заключение по главе 1

Литературный обзор показал, что существует значительное количество научных и инженерных исследований, касающихся теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Это включает статьи, монографии, диссертации и публикации различных организаций и институтов.

В обзоре литературы были выявлены различные методы и подходы к теплотехническому расчету ограждающих конструкций. Это включает аналитические методы, численные моделирование, методы конечных элементов, а также эмпирические подходы, основанные на экспериментах и измерениях.

Существующие экспертные системы в области теплотехнического расчета ограждающих конструкций обладают разными уровнями сложности и функциональности. Некоторые системы предоставляют базовые возможности для расчета теплопроводности и теплопотерь, в то время как другие системы могут включать более сложные алгоритмы и инструменты для оптимизации теплоизоляции и выбора материалов.

Преимуществом использования экспертных систем в теплотехническом расчете ограждающих конструкций является автоматизация процесса расчета, повышение точности результатов и ускорение принятия решений.

Несмотря на существующие достижения в области экспертных систем теплотехнического расчета, все еще существует потребность в разработке более сложных и универсальных систем, которые учитывали бы разнообразные условия, материалы и климатические параметры.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методология и методы исследования проектирования ограждающих конструкций

Методология и методы исследования проектирования ограждающих конструкций зданий и сооружений играют ключевую роль в обеспечении качественного проектирования и оптимизации эффективности конструкций. Вот некоторые из наиболее распространенных методологий и методов, используемых в этой области:

1. **Системный подход:** Это общий подход к проектированию, который предполагает рассмотрение ограждающих конструкций в контексте всего здания или сооружения. Системный подход помогает учитывать взаимосвязи между различными элементами и аспектами проекта, что позволяет создать более интегрированные и сбалансированные решения.
2. **Концептуальное проектирование:** Этот метод предполагает формирование концепции ограждающих конструкций на ранних стадиях проекта. В этом случае рассматриваются различные альтернативы, определяются основные параметры и выбираются наиболее перспективные подходы.
3. **Техническое проектирование:** На этом этапе происходит разработка технических решений и деталей ограждающих конструкций. Важной частью этого метода является применение инженерных расчетов и анализа, чтобы обеспечить правильность и надежность конструкции.
4. **Компьютерное моделирование и анализ:** Современные методы компьютерного моделирования позволяют проводить различные анализы теплопередачи, теплоизоляции, прочности и других характеристик ограждающих конструкций. Моделирование способствует более глубокому пониманию поведения конструкций и оптимизации их характеристик.

5. Испытания и эксперименты: Для оценки свойств материалов, теплопередачи и других параметров ограждающих конструкций используются различные физические и химические испытания. Эксперименты помогают получить реальные данные и подтвердить результаты моделирования.
6. Использование стандартов и нормативов: При проектировании ограждающих конструкций важно учитывать соответствие существующим стандартам и нормативам в строительстве. Это обеспечивает соответствие конструкций установленным требованиям по безопасности, теплоизоляции и другим параметрам.
7. Обратная связь и улучшение: Важно учитывать опыт использования ранее спроектированных конструкций и использовать обратную связь от пользователей для улучшения методов проектирования и совершенствования конструкций.

Правильное сочетание методологий и методов исследования позволяет разрабатывать инновационные и эффективные ограждающие конструкции, обеспечивая комфортное и энергоэффективное окружение внутри зданий и сооружений.

2.2. Методология и методы исследования теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Методология и методы исследования теплотехнического расчета ограждающих конструкций включают в себя систематический подход к анализу и оценке теплопередачи через элементы здания с целью определения их теплоизоляционных свойств и энергоэффективности. Рассмотрим их более подробно:

Методология исследования теплотехнического расчета ограждающих конструкций:

- 1) Определение целей исследования: Определение основных целей

исследования теплотехнического расчета, таких как определение коэффициентов теплопроводности материалов, оценка теплопотерь через ограждающие конструкции и оптимизация энергоэффективности здания.

Коэффициент теплопроводности материалов (обозначается символом λ , lambda) - это важный параметр, который характеризует способность материала проводить тепло. Он определяет скорость, с которой тепловая энергия передается через материал от области с более высокой температурой к области с более низкой температурой. Чем выше значение коэффициента теплопроводности, тем лучше материал проводит тепло, и наоборот [12].

Коэффициент теплопроводности измеряется в единицах Вт/(м·К) - ватт на метр на кельвин. Это означает, что значение коэффициента теплопроводности показывает, сколько ватт тепла проходит через единичную площадку материала толщиной в один метр при разнице температур в один градус Кельвина между его двумя поверхностями.

Выбор материалов с оптимальным коэффициентом теплопроводности играет важную роль в проектировании энергоэффективных зданий и сооружений. Теплоизоляционные материалы с низкими значениями λ способствуют снижению потерь тепла, что позволяет сэкономить энергию на отоплении и кондиционировании помещений.

Оценка теплопотерь через ограждающие конструкции позволяет определить, насколько эффективно ограждающие конструкции предотвращают потерю тепла из здания и помогает разработать меры по снижению энергопотребления и повышению комфорта внутри помещений. Для оценки теплопотерь используются следующие методы:

- Расчетные методы:

- Статические расчеты: Основаны на применении теплового баланса для здания. Теплопотери через ограждающие конструкции оцениваются с учетом различных факторов, таких как площади поверхностей,

теплопроводность материалов, разница температур внутри и снаружи здания, тепловое сопротивление элементов конструкций и т.д.

- Методы конечных элементов: Это численные методы, которые позволяют провести детальный расчет теплопередачи через ограждающие конструкции с использованием компьютерного моделирования. Эти методы позволяют учесть сложные геометрические формы и неоднородность материалов.

- Экспериментальные методы:

- Тепловизионная съемка: Используется инфракрасная тепловизия для визуализации потерь тепла через ограждающие конструкции. Этот метод позволяет обнаружить точки утечки тепла и выявить проблемные участки.
- Теплотехнические испытания: Проводятся на специальных испытательных установках, где измеряются коэффициенты теплопроводности материалов и теплопередача через ограждающие конструкции в различных условиях.

Оценка теплопотерь позволяет выявить неэффективные участки ограждающих конструкций, определить основные источники потерь тепла и разработать меры по улучшению теплоизоляции здания. Это важный этап при проектировании и реконструкции зданий с целью повышения их энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат.

- 2) Сбор данных: Собирают данные о характеристиках ограждающих материалов, их толщине, геометрии элементов, климатических условиях и внутренних тепловых нагрузках здания.

Характеристики ограждающих материалов определяют теплоизоляционные, механические, акустические и другие свойства материалов, которые влияют на комфорт и энергоэффективность здания. Вот некоторые основные характеристики ограждающих материалов:

- 1) Коэффициент теплопроводности (λ): Как уже упоминалось ранее, коэффициент теплопроводности характеризует способность материала

проводить тепло. Материалы с низким значением λ обладают лучшей теплоизоляцией, что помогает снизить потери тепла и повысить энергоэффективность здания.

- 2) Тепловое сопротивление (R): Тепловое сопротивление - это обратная величина коэффициента теплопроводности и характеризует способность материала сопротивляться теплопередаче. Чем выше значение R, тем лучше материал удерживает тепло.
- 3) Плотность: Плотность материала влияет на его массу и прочность. Высокая плотность может обеспечить лучшую звукоизоляцию и механическую прочность, но при этом может увеличить вес конструкции.
- 4) Механическая прочность: Эта характеристика определяет способность материала сопротивляться механическим нагрузкам, таким как давление, растяжение, изгиб и т.д. Важно, чтобы ограждающие материалы были достаточно прочны для обеспечения долговечности и безопасности здания.
- 5) Устойчивость к воздействию окружающей среды: Некоторые материалы могут быть подвержены воздействию влаги, грибков, насекомых или химических веществ. Устойчивость к внешним факторам важна для долговечности и сохранения внешнего вида материала.
- 6) Звукоизоляция: Эта характеристика определяет способность материала уменьшать звуковую энергию, проходящую через ограждающие конструкции. Высокая звукоизоляция обеспечивает комфорт и уменьшает шум извне.
- 7) Пожароопасность: Некоторые материалы обладают более высокой огнестойкостью, что может быть важным фактором при выборе материала для защиты от возможных пожаров.
- 8) Экологичность: Эта характеристика определяет воздействие материала на окружающую среду. В настоящее время все более важным

становится выбор экологически безопасных и устойчивых материалов для строительства.

Учитывая эти характеристики, проектировщики могут выбрать оптимальные ограждающие материалы, которые соответствуют требованиям по энергоэффективности, безопасности и комфорту здания.

- 3) Выбор методов исследования: Выбрать подходящие методы исследования, такие как стандартные тесты на теплопроводность материалов, компьютерное моделирование с использованием специализированного программного обеспечения, аналитические расчеты и экспериментальные исследования.
- 4) Моделирование и расчеты: Производить теплотехнические расчеты с использованием математических моделей и учетом факторов, влияющих на теплопередачу, таких как тепловое сопротивление, теплопроводность материала, воздушные прослойки и т. д.
- 5) Анализ результатов: Оценивать полученные результаты, сравнивать с требованиями норм и стандартов, выявлять слабые места и предлагать оптимизацию.

Методы исследования теплотехнического расчета ограждающих конструкций:

- 1) Математические модели и аналитические расчеты: Это методы, основанные на применении физических законов и уравнений для описания теплопередачи и расчетов коэффициентов теплопроводности.

Математические модели и аналитические расчеты используются для теплотехнического расчета ограждающих конструкций с целью определения теплопотерь, теплоизоляции и эффективности теплопередачи через элементы здания. Вот некоторые математические модели и аналитические расчеты, используемые для теплотехнического расчета ограждающих конструкций:

- a) Уравнение Фурье: Основное уравнение, используемое для описания процесса теплопередачи, известное как уравнение Фурье. Оно выражает зависимость теплового потока через материал от градиента

температуры. Уравнение Фурье записывается в дифференциальной или интегральной форме и используется для анализа теплопроводности материалов.

- b) Стационарный и нестационарный тепловой режимы: При стационарном тепловом режиме температура материала не зависит от времени и уравнение Фурье упрощается. В нестационарном режиме температура меняется с течением времени, и требуются дополнительные уравнения для описания этого процесса.
- c) Тепловое сопротивление: Для описания теплопередачи через слои различных материалов используется понятие теплового сопротивления. Тепловое сопротивление определяется как отношение толщины слоя к его коэффициенту теплопроводности. Сопротивления слоев складываются в серию или параллель для определения общего теплового сопротивления ограждающей конструкции.
- d) Конвективная и радиационная теплопередача: В аналитических расчетах учитываются различные механизмы теплопередачи, такие как конвекция (теплообмен с окружающей средой) и радиация (теплопередача через излучение). Коэффициенты теплопередачи для этих механизмов зависят от характеристик окружающей среды.
- e) Граничные условия: Аналитические расчеты учитывают граничные условия, которые определяют температуры на границах ограждающих конструкций. Это может быть температура внутреннего и внешнего воздуха или другие условия.

Использование математических моделей и аналитических расчетов позволяет провести детальный анализ теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и оптимизировать их энергоэффективность и комфорт внутри здания. Однако при сложных конструкциях или неоднородных материалах может потребоваться применение численных методов, таких как метод конечных элементов, для более точных расчетов.

- 2) Компьютерное моделирование: Применение специализированного

программного обеспечения для моделирования теплопередачи через ограждающие конструкции. Это позволяет провести сложные и точные расчеты с учетом различных параметров и условий.

- 3) Экспериментальные исследования: Проведение физических экспериментов для измерения теплопередачи через ограждающие материалы и конструкции в реальных условиях.
- 4) Тестирование на теплопроводность: Оценка коэффициентов теплопроводности материалов с помощью стандартных методов и испытаний.

Комбинация этих методов позволяет провести комплексный анализ теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и оптимизировать их энергоэффективность. Такие исследования играют важную роль в разработке зданий с минимальными тепловыми потерями и повышенной энергоэффективностью.

2.3. Применение машинного обучения в теплотехническом расчете

Традиционные методы теплотехнического расчета основаны на аналитических формулах и эмпирических зависимостях, учитывающих теплопроводность, теплоемкость, плотность и другие свойства материалов. Однако такие методы требуют значительного количества расчетов и зачастую не учитывают сложные нелинейные зависимости между параметрами.

Машинное обучение позволяет:

- Обработать большие объемы данных, включая свойства строительных материалов, климатические условия, данные о фактических тепловых потерях зданий.
- Выявлять скрытые закономерности в данных, которые сложно обнаружить с помощью традиционных методов.

- Улучшать точность прогнозирования тепловых потерь и теплового сопротивления конструкций.
- Автоматизировать процесс подбора оптимальных материалов и конструктивных решений.

Линейная регрессия в теплотехническом расчете [16].

Этапы построения линейной регрессии:

1. Сбор данных: данные, которые используются для обучения модели, включающие в себя следующие параметры: толщина стен (в метрах), коэффициент теплоизоляции - независимые переменные; материал стен - категориальная переменная, которую можно кодировать числовыми значениями (1 для кирпича, 2 для бетона и так далее); температура наружного воздуха - для учета внешних климатических условий; температура внутреннего воздуха - для учета внутренней температуры в здании; энергетические потери - зависимая переменная, которую необходимо прогнозировать.
2. Предобработка данных: преобразование категориальных переменных (материал стен) в числовые значения (с помощью метода кодирования One-Hot Encoding), а также нормализация и стандартизация числовых признаков (толщина стен, температура).
3. Построение модели линейной регрессии: линейная регрессия предполагает, что существует линейная зависимость между независимыми переменными и зависимой переменной. Модель представляется как:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n \quad (2.1)$$

где: Y - это энергетические потери (зависимая переменная), $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ - независимые переменные (толщина стен, материал, температура), $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ - коэффициенты регрессии, которые модель будет искать.

Важно, что для категориальных признаков (материал стен) может потребоваться преобразование в несколько бинарных признаков (один

признак для кирпича, другой для бетона и так далее), если используем One-Hot Encoding.

4. Обучение модели: с помощью алгоритма линейной регрессии обучаем модель на имеющихся данных.
5. Оценка модели: используя метрики, такие как среднеквадратическая ошибка (MSE) и коэффициент детерминации (R^2).
6. Прогнозирование: обученная модель используется для прогнозирования энергетических потерь для новых данных, при изменении толщины стен, материала, коэффициента теплоизоляции.

Недостатками линейной регрессии являются: линейная регрессия плохо учитывает сложные нелинейные зависимости; подвержена переобучению при большом числе параметров; может давать низкую точность при наличии шумов в данных.

Для преодоления этих недостатков применяются более сложные методы, такие как градиентный бустинг.

Градиентный бустинг для прогнозирования теплотехнических параметров

Градиентный бустинг – мощный метод ансамблевого машинного обучения, который строит последовательность слабых моделей (обычно деревьев решений), каждая из которых исправляет ошибки предыдущих. Алгоритм минимизирует функцию потерь путем градиентного спуска, что позволяет получить более точные прогнозы [17].

Алгоритм работы градиентного бустинга:

1. Обучается начальная модель (обычно простое дерево решений).
2. Рассчитываются ошибки (остатки) модели.
3. Обучается следующая модель, которая предсказывает ошибки предыдущей.
4. Процесс повторяется, пока не будет достигнута высокая точность.

Формально метод обновляет модель по следующему принципу:

$$F_m(X) = F_{m-1}(X) + \gamma h_m(X) \quad (2.2)$$

где: $Fm(X)$ – итоговая предсказанная функция на шаге m , $hm(X)$ – новое дерево решений, исправляющее ошибки предыдущей модели, γ – коэффициент обучения.

Метод эффективен для решения задач: прогнозирования коэффициента теплопроводности многослойных конструкций с учетом сложных зависимостей между слоями; оптимизации энергоэффективности здания путем подбора материалов с наилучшим сочетанием параметров; предсказания сезонных теплопотерь с учетом метеоданных; анализа влияния теплотехнических характеристик на затраты на отопление и охлаждение здания.

Преимуществами метода являются: учитывает нелинейные зависимости, что критично для реальных теплотехнических процессов; высокая точность предсказаний даже при сложных входных данных; может работать с пропущенными значениями и некоррелированными признаками. При этом метод требует значительных вычислительных ресурсов, чувствителен к настройке гиперпараметров, может переобучаться при недостатке данных.

Заключение по главе 2

В ходе исследования были изучены различные методологии проектирования ограждающих конструкций зданий и сооружений. Одним из ключевых подходов является системный подход, который позволяет рассматривать ограждающие конструкции в контексте всего здания и его окружения. Также были рассмотрены методы функционального проектирования, концептуального проектирования и технического проектирования, которые обеспечивают последовательное и структурированное разработку конструкций.

Были рассмотрены различные методы исследования материалов, используемых в ограждающих конструкциях. Это включает физические испытания, такие как испытания на прочность, теплопроводность,

влагостойкость, которые позволяют определить характеристики и свойства материалов.

Компьютерное моделирование стало важным инструментом в проектировании ограждающих конструкций.

Учет климатических условий: При проектировании ограждающих конструкций необходимо учитывать климатические условия местоположения здания или сооружения. Это включает температурные условия, влажность, солнечную радиацию, скорость ветра и т.д. Методы анализа климатических данных помогают определить оптимальные параметры теплоизоляции и материалов.

В ходе исследования были изучены новые материалы и технологии, которые могут использоваться в проектировании ограждающих конструкций. Новые материалы, такие как экологически чистые утеплители, композиты и современные стекла, предоставляют возможности для улучшения энергоэффективности и экологической стойкости конструкций.

В работе были рассмотрены возможности интеграции экспертных систем для теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Использование экспертных систем позволяет автоматизировать процесс расчета, увеличить точность результатов и оптимизировать выбор материалов и параметров.

Линейная регрессия – простой и быстрый метод, подходящий для базовых расчетов, но с ограниченной точностью при сложных зависимостях.

Градиентный бустинг – более мощный метод, который позволяет строить точные предсказания, но требует высокой вычислительной мощности.

Для эффективного теплотехнического расчета наилучший результат достигается комбинацией методов: предварительный анализ может выполняться линейной регрессией, а уточненные прогнозы – с помощью градиентного бустинга.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Описание экспертной системы предметной области

Экспертная система - это компьютерная программа, которая использует знания и опыт эксперта в определенной области для принятия решений или решения сложных проблем. Она основана на искусственном интеллекте и использует методы логического вывода для анализа данных и принятия решений.

Экспертная система позволяет быстро и эффективно решать сложные задачи, которые требуют большого объема знаний и опыта, а также могут включать неоднозначные данные и условия [6].

Экспертные системы могут быть использованы в различных областях, включая медицину, финансы, инженерию, науку, право и многие другие. Они позволяют повысить качество и эффективность принятия решений, сократить время и затраты на решение задач и уменьшить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Экспертная система состоит из следующих основных компонентов:

- база знаний;
- механизм логического вывода (МЛВ);
- компонента объяснения.

Экспертная система может иметь несколько компонентов, включая базу знаний, систему вывода и интерфейс пользователя. База знаний содержит знания эксперта в определенной области и может быть создана путем интервьюирования эксперта и записи его ответов. Система вывода использует логические правила, чтобы проанализировать данные и сделать выводы на основе этих знаний. Интерфейс пользователя обычно представляет собой визуальное приложение, позволяющее пользователю вводить данные и получать результаты [6].

Экспертные системы позволяют повысить эффективность работы в различных областях, ускорить принятие решений, уменьшить вероятность

ошибок и снизить затраты на обучение персонала. Однако, экспертные системы могут быть ограничены теми знаниями, которые были внесены в базу данных, и не всегда могут учитывать контекст или изменения внешних условий.

Зачастую вся сложность создания экспертной системы заключается в формировании базы знаний. Этим занимаются специально обученные люди — инженеры по знаниям. Совместно с одним или несколькими экспертами они формулируют правила, имеющиеся в предметной области, и заносят их в определённом виде в базу знаний. В промышленных системах количество правил может исчисляться тысячами. При этом связи в предметной области могут быть такими запутанными и даже противоречивыми, что незначительная модификация базы знаний, например изменение порядка следования двух правил, может вызвать кардинальные изменения в работе всей системы.

Отдельная трудность заключается в самом общении с экспертами. Эксперты могут расходиться во мнениях и устраивать принципиальные споры. Кстати, поэтому предпочтительно использовать экспертные системы для тех областей знаний, которые уже устоялись. Кроме того, эксперты могут применять какие-то правила неосознанно или даже намеренно что-то скрывать. Остаётся только пожелать инженерам по знаниям, чтобы они держались.

Экспертная система расчета ограждающих конструкций - это компьютерная программа, которая использует знания и опыт экспертов в области строительства и конструкций для автоматизации процесса проектирования и расчета ограждающих конструкций (см. рис.3.1).

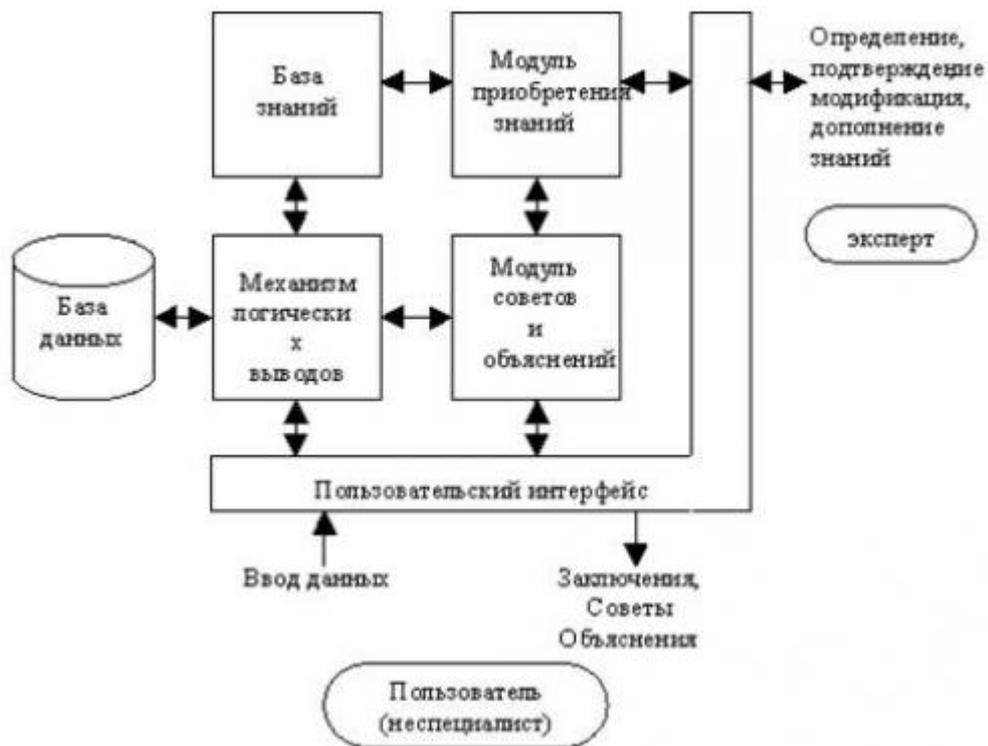


Рисунок 3.1 - Экспертная система

Она работает на основе базы знаний, которая содержит информацию о материалах, свойствах материалов, нагрузках, силовых воздействиях и методах расчета ограждающих конструкций. Эти знания могут быть представлены в виде правил, фактов, эвристик, алгоритмов и экспертных систем.

Экспертная система может быть использована для расчета различных типов ограждающих конструкций, включая стены, крыши, перекрытия и фасады. Она может также учитывать различные факторы, такие как термические свойства, звукоизоляция и прочность материалов [6].

Для использования экспертной системы пользователь вводит информацию о проектируемой конструкции, такую как размеры, нагрузки, материалы и условия эксплуатации. Затем система использует свои знания и алгоритмы для расчета оптимального дизайна и размеров конструкции, а также для проверки его прочности и соответствия стандартам и нормам.

Экспертные системы расчета ограждающих конструкций могут ускорить процесс проектирования и снизить вероятность ошибок в расчетах,

что может улучшить качество конструкций и снизить затраты на строительство.

Математическая модель экспертной системы расчета ограждающих конструкций может быть представлена в виде следующих компонентов:

База знаний - это база данных, которая содержит информацию о материалах, свойствах материалов, нагрузках, силовых воздействиях и методах расчета ограждающих конструкций. База знаний может быть представлена в виде набора правил, фактов и эвристик.

Механизм вывода - это часть экспертной системы, которая использует знания, содержащиеся в базе знаний, для принятия решений и вывода рекомендаций по расчету ограждающих конструкций. Механизм вывода может быть реализован с помощью логического вывода или индуктивных методов.

Алгоритмы расчета - это набор алгоритмов, которые используются для оптимального теплотехнического расчета, а также для проверки соответствия стандартам и нормам. Алгоритмы расчета могут включать в себя методы конечных элементов, методы теплотехнического расчета на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость.

Интерфейс пользователя - это часть экспертной системы, которая обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой. Интерфейс пользователя может быть реализован с помощью графического интерфейса или командной строки.

Математическая модель экспертной системы расчета ограждающих конструкций может быть представлена в виде блок-схемы, где каждый компонент системы является блоком, который взаимодействует с другими блоками. Эта модель может быть реализована на любом языке программирования, который поддерживает работу с базами данных, логическим выводом и алгоритмами расчета.

Блок-схема математической модели экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций может включать следующие элементы:

1. Узел **«Ввод данных»** [6]. Этот узел соответствует вводу входных данных, таких как материал и толщина ограждающей конструкции, температура окружающей среды, тепловые потери и т.д.
2. Узел **«Математические модели»**. Этот узел соответствует математическим моделям, на основе которых система проводит теплотехнический расчет. Например, это могут быть уравнения теплопроводности, уравнения теплообмена и т.д.
3. Узел **«Алгоритмы расчета»** [6]. Этот узел соответствует алгоритмам расчета, которые система использует для применения математических моделей. Например, это могут быть методы конечных элементов, методы численного интегрирования и т.д.
4. Узел **«Результаты расчета»**. Этот узел соответствует выходным данным, которые система выдает на основе входных данных, примененных математических моделей и алгоритмов. Например, это могут быть данные о теплопотерях, коэффициентах теплопроводности и т.д.
5. Узел **«Оценка результатов»**. Этот узел соответствует оценке результатов расчета и определению, соответствуют ли они требованиям и нормам. Например, система может оценить, является ли теплоизоляция ограждающей конструкции достаточной для удовлетворения норм теплопотерь.
6. Узел **«Вывод результата»**. Этот узел соответствует выводу окончательного результата, который система выдает на основе входных данных и результатов расчета. Например, система может выдать рекомендацию по улучшению теплоизоляции ограждающей конструкции или подтвердить, что она соответствует требованиям.

7. Узел «**Конец**». Это конечный узел, который обозначает завершение работы системы.

Правила экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций могут включать в себя следующие шаги [6]:

1. **Определение параметров конструкции:** вводятся параметры, такие как тип конструкции, материалы, толщина и размеры, а также местоположение и климатические условия.
2. **Расчет коэффициентов теплоотдачи:** на основе параметров конструкции и климатических условий производится расчет коэффициентов теплоотдачи через стену, окна и другие элементы конструкции.
3. **Расчет теплотерь:** используя полученные коэффициенты теплоотдачи, производится расчет теплотерь через конструкцию.
4. **Определение требуемого уровня теплоизоляции:** на основе требуемого уровня теплоизоляции для конструкции и климатических условий определяются требуемые значения коэффициентов теплопроводности материалов.
5. **Оценка результатов:** полученные результаты оцениваются на соответствие требованиям и нормам, и если необходимо, производится корректировка параметров конструкции.
6. **Генерация рекомендаций:** на основе результатов и требований, экспертная система генерирует рекомендации по выбору материалов, толщине и другим параметрам конструкции для достижения требуемого уровня теплоизоляции.
7. **Повторение расчетов:** в случае изменения параметров конструкции или климатических условий, экспертная система может повторить расчеты, чтобы убедиться, что конструкция соответствует требуемому уровню теплоизоляции.

Механизм вывода экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций может быть описан следующим образом:

1. **Ввод данных:** пользователь вводит данные о параметрах конструкции, таких как тип, материалы, толщина и размеры, а также местоположение и климатические условия.
2. **Применение правил:** система применяет заранее заданные правила, которые определяют порядок расчета и используются для принятия решений на каждом этапе расчета.
3. **Использование базы знаний:** система использует базу знаний, содержащую информацию о материалах, их свойствах и коэффициентах теплоотдачи, а также нормативные требования к уровню теплоизоляции.
4. **Расчет:** на основе введенных данных, примененных правил и базы знаний система производит расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопотерь через конструкцию.
5. **Вывод результатов:** полученные результаты выводятся пользователю в виде графиков, таблиц и/или рекомендаций по выбору материалов, толщине и другим параметрам конструкции для достижения требуемого уровня теплоизоляции.
6. **Обучение системы:** при необходимости система может быть обучена на основе новых данных и результатов расчетов для улучшения качества вывода.
7. **Оценка качества:** качество вывода системы может быть оценено с помощью сравнения полученных результатов с фактическими данными или с помощью оценки экспертами в данной области.

Блок-схема механизма логических выводов экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций может быть представлена в виде дерева принятия решений, состоящего из узлов и ветвей [6].

Узлы дерева соответствуют логическим операциям и правилам, на основе которых принимаются решения. В зависимости от результата логической операции, система выбирает соответствующую ветвь дерева и

переходит к следующему узлу. Таким образом, система последовательно применяет логические правила и операции для принятия окончательного решения.

Каждая ветвь дерева соответствует возможному решению или рекомендации, основанной на входных данных. Например, если на вход системы поступили данные о материале и толщине стенки ограждающей конструкции, то система может выбрать ветвь, соответствующую данной конструкции, и выдать рекомендацию по ее теплотехническому расчету [6].

Блок-схема механизма логических выводов может включать следующие узлы:

1. Узел «**Начало**». Это начальный узел, от которого начинается дерево принятия решений.
2. Узел «**Ввод данных**». Этот узел соответствует вводу входных данных, таких как материал и толщина ограждающей конструкции.
3. Узел «**Правила**». Этот узел соответствует правилам, на основе которых система принимает решения. Например, это могут быть правила, определяющие зависимость коэффициента теплопроводности материала от его толщины.
4. Узел «**Логические операции**». Этот узел соответствует логическим операциям, которые применяются для принятия решений. Например, это могут быть операции "И" и "ИЛИ", которые определяют, какие правила должны быть применены в зависимости от входных данных.
5. Узел «**Решение**». Этот узел соответствует окончательному решению, которое система выдает на основе входных данных и примененных правил и операций.
6. Узел «**Конец**». Это конечный узел.

Для логического вывода в экспертной системе теплотехнического расчета ограждающих конструкций используются правила, представленные в виде "если-то" ("if-then") утверждений. Эти правила описывают знания и

опыт экспертов в области теплотехнического расчета ограждающих конструкций.

Когда экспертная система получает информацию о конкретном случае теплотехнического расчета ограждающей конструкции, она применяет логический вывод, чтобы определить оптимальное решение. Для этого система использует базу знаний, состоящую из правил и фактов, которые были получены из пользовательских вводов.

В процессе логического вывода система проверяет каждое правило в базе знаний на соответствие фактам, полученным из пользовательского ввода. Если правило соответствует фактам, система делает вывод на основе этого правила [6].

Когда система находит правило, которое может быть использовано для определения оптимального решения, она выполняет этот вывод и сообщает результат пользователю.

После того как база знаний сформирована, можно задавать вопросы системе. Механизм логического вывода обеспечивает поиск ответов на эти вопросы. Вопрос задаёт цель консультации, в общем случае это определение значения какой-либо переменной.

На первом шаге механизм находит в базе знаний все правила, в которых переменная-цель присутствует в качестве вывода, не важно, с каким значением. Теперь каждое правило, если они нашлись, по очереди (именно поэтому важен порядок следования правил) проверяются до первого сработавшего. То есть до того, все условия которого окажутся истинными. Для проверки правила берутся все его условия и, опять же, по очереди проверяются — объявляются целью консультации, и алгоритм запускается для них с первого шага.

Пример правила может быть таким:

Если общее сопротивление теплопередачи больше требуемого сопротивления, то оно имеет хорошую теплоизоляцию. В этом правиле "общее сопротивление теплопередачи больше требуемого сопротивления"

является условием, а "оно имеет хорошую теплоизоляцию" - выводом. Если система получает факт, что общее сопротивление теплопередачи больше требуемого сопротивления, то она применяет это правило и делает вывод, что стена имеет хорошую теплоизоляцию [6].

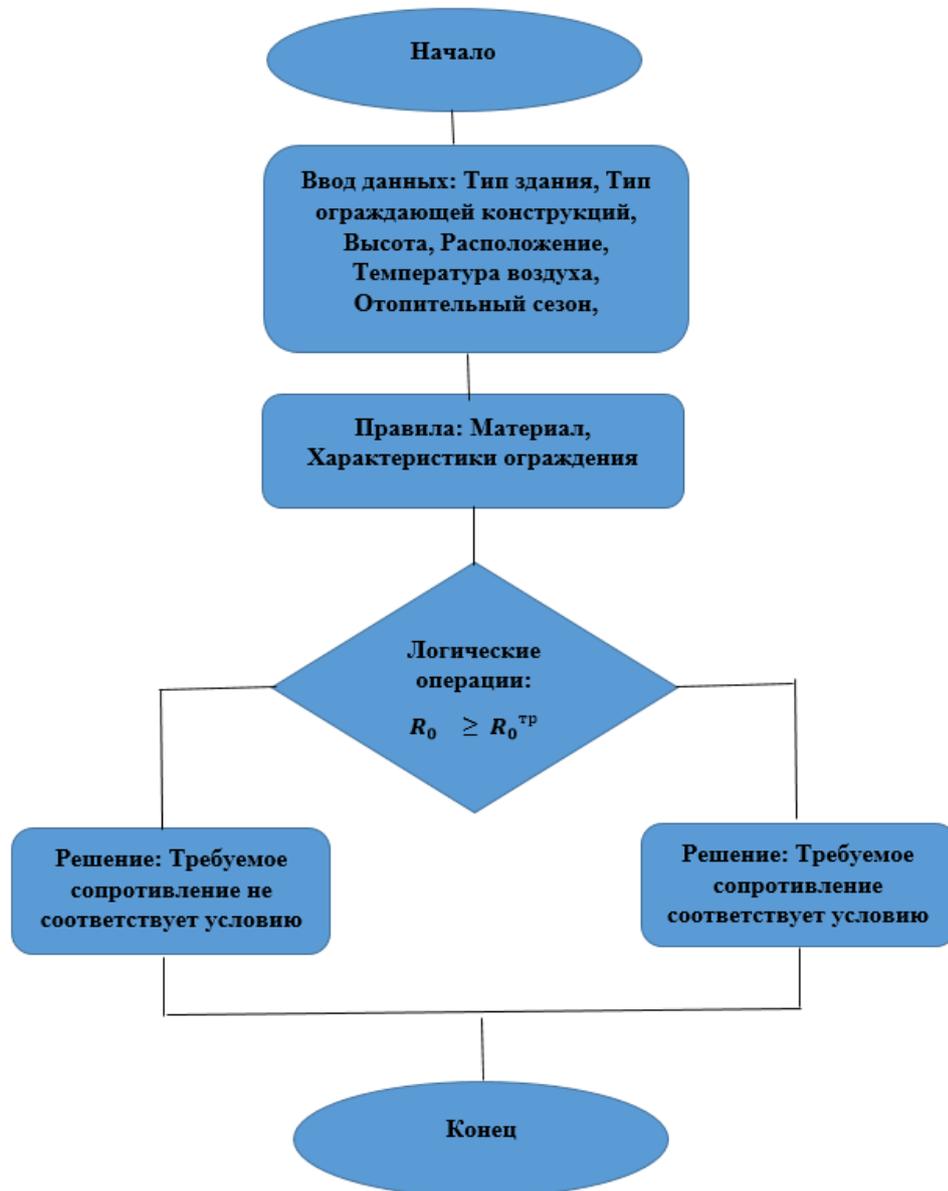


Рисунок 3.2 - Блок-схема механизма логических выводов экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Алгоритм расчета экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций может быть представлен в следующем виде:

1. **Ввод данных:** пользователь вводит данные о параметрах конструкции, таких как тип, материалы, толщина и размеры, а также

местоположение и климатические условия.

2. **Проверка введенных данных:** система проверяет корректность введенных данных и уведомляет пользователя о любых ошибках или несоответствиях.
3. **Определение граничных условий:** система определяет граничные условия, такие как температура внутри и снаружи помещения, влажность и другие факторы, которые могут влиять на теплообмен.
4. **Выбор материалов:** система выбирает материалы для ограждающих конструкций на основе их теплоизоляционных свойств и других факторов, таких как стоимость и доступность.
5. **Расчет коэффициента теплопроводности:** система рассчитывает коэффициент теплопроводности для каждого материала, используя формулы, которые зависят от температуры, плотности и других факторов.
6. **Расчет коэффициента теплоотдачи:** система рассчитывает коэффициент теплоотдачи, учитывая различные факторы, такие как конструкция, материалы, температура.
7. **Расчет теплотерь:** система рассчитывает теплотери через конструкцию, используя коэффициент теплоотдачи и различные формулы для каждой части конструкции.
8. **Анализ результатов:** система анализирует полученные результаты и сравнивает их с нормативными требованиями и рекомендациями по теплоизоляции.

Концептуальная модель экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций представляет собой абстрактную модель, которая описывает основные элементы и отношения между ними [6].

Она включает в себя следующие элементы:

1. **База знаний:** это основной компонент экспертной системы, который содержит информацию о свойствах материалов, коэффициентах теплопроводности, теплоемкости, плотности и других параметрах,

необходимых для расчета теплотерь через ограждающие конструкции.

2. **Интерфейс пользователя:** это компонент, который обеспечивает взаимодействие между пользователем и экспертной системой. Он позволяет пользователю вводить параметры конструкции, такие как размеры, форма, тип используемых материалов, параметры окружающей среды и т.д.
3. **Математическая модель:** это компонент, который основывается на физических принципах теплообмена, чтобы рассчитать теплотери через конструкцию.
4. **Механизм вывода:** это компонент, который использует базу знаний и математическую модель для принятия решений. Он может использовать различные методы вывода, такие как правила, деревья принятия решений, байесовские сети и т.д.
5. **Механизм обучения:** это компонент, который позволяет системе учиться на основе опыта. Он может использовать различные методы обучения, такие как индуктивное обучение, обучение с подкреплением, обучение на основе примеров и т.д.

3.3. Этапы разработки экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций

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.

Для разработки экспертной системы тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики были выполнены следующие шаги [8]:

1. Сбор данных о климатических условиях: первый шаг – это сбор данных о климатических условиях в различных регионах Кыргызстана. Это включает среднегодовые и сезонные температуры, влажность, солнечную радиацию и другие параметры, влияющие на тепловой режим зданий.

2. Определение требований и стандартов: содержание местных норм и правил, а также энергетические стандарты и рекомендации.

3. Определение базы знаний: информация о различных типах ограждающих конструкций, теплоизоляционных материалах, методах расчета и прочих факторах, влияющих на тепловую защиту зданий.

4. Разработка правил и алгоритмов: на основе собранных данных и базы знаний разработаны правила и алгоритмы для экспертной системы. Эти правила описывают связь между различными факторами, например, между климатическими условиями, выбором материалов и оптимальными характеристиками ограждающих конструкций.

5. Реализация и тестирование системы: экспертная система прошла тестовый режим на реальных или симулированных данных, что позволило убедиться в правильности функционирования системы и её способностях давать релевантные рекомендации.

При разработке экспертной системы имело место составление инфологической модели экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, которая представляет собой структуру данных, описывающую информацию, необходимую для функционирования системы такие как [8]:

1. Объекты: здание: представляет собой объект, для которого проводится теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Может содержать информацию о его параметрах, включая размеры, планировку, климатические условия и т.д.;

2. Атрибуты: размеры здания: хранит информацию о габаритных размерах здания, таких как длина, ширина и высота; материалы: содержит информацию о материалах, используемых в ограждающих конструкциях, включая их теплопроводность, плотность, удельную теплоемкость и т.д.; климатические условия: хранит информацию о климатических параметрах, влияющих на тепловой режим здания, например, среднегодовые и сезонные температуры, влажность, солнечная радиация и т.д.; теплопотери: содержит информацию о теплопотерях через ограждающие конструкции здания, которая может быть рассчитана на основе материалов, размеров и климатических условий;

3. Отношения: расчет теплопотерь: связывает здание, материалы и климатические условия для проведения расчета теплопотерь через ограждающие конструкции; рекомендации по улучшению теплотехнической защиты: связывает результаты расчета теплопотерь с рекомендациями по оптимизации ограждающих конструкций, например, выбору более эффективных материалов или изменению их толщины [8].

4. Знания и правила: база знаний: содержит экспертные знания о теплотехническом расчете ограждающих конструкций, включая правила, связанные с выбором материалов, зависимость теплопотерь от толщины и теплопроводности материала. Экспертная система представлена в виде реляционной модели данных, в которой данные представлены в виде таблиц, известных как отношения, состоящих из строк и столбцов, которая основана на математической теории множеств и представляет данные в виде набора отношений.

Правила эксперта машинного обучения теплотехнического расчета ограждающих конструкций направлены на использование знаний и данных для автоматизированного определения оптимальных параметров теплоизоляции и конструктивных решений, с целью повышения энергоэффективности зданий.

1. Правило: Оценка теплотерь в зависимости от типа материала

Условие: Если тип материала ограждающей конструкции (стена, крыша, окно) определен, то система должна выбрать соответствующие параметры для расчета теплотерь, основываясь на теплопроводности материала.

Действие:

- Если материал обладает высокой теплопроводностью (например, бетон, кирпич), то теплотери будут выше.
- Если материал обладает низкой теплопроводностью (например, пенобетон, минеральная вата), то теплотери будут ниже.
- Предложить варианты утепления, если теплотери превышают допустимый предел.

Пример:

- Для бетона (теплопроводность $1.5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) теплотери будут значительными.
- Для пенобетона (теплопроводность $0.12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) теплотери будут существенно ниже.

2. Правило: Регулировка толщины теплоизоляции в зависимости от климата

Условие:

Если климатический регион характеризуется холодными зимами (температура ниже -10°C), система должна предложить увеличение толщины теплоизоляции.

Действие:

- В холодных климатах рекомендуется использовать более толстый слой теплоизоляции для обеспечения минимальных теплотерь.
- В умеренных климатах можно использовать стандартные слои теплоизоляции.

Пример:

- В холодных климатах (например, температура зимой -20°C) рекомендуется

толщина теплоизоляции не менее 150 мм.

- В умеренных климатах (например, температура зимой -5°C) достаточно 100 мм теплоизоляции.

3. Правило: Учет плотности и теплопроводности при расчетах теплопотерь

Условие:

Если плотность материала стен и крыш высока, это может привести к большим теплопотерям из-за высокой теплопроводности.

Действие:

- В случае высоких значений плотности материала (например, кирпич или бетон) следует предложить дополнительные меры по утеплению.

- Если плотность материала низкая (например, пенопласт), то нужно учитывать дополнительные физические свойства, такие как пористость, которые снижают теплопотери.

Пример:

- Для кирпичных стен с высокой плотностью рекомендуется использование дополнительного слоя теплоизоляции, чтобы компенсировать высокую теплопроводность.

- Для пенопластовых или минеральных ватных конструкций дополнительное утепление не требуется, если материал уже обладает низкой теплопроводностью.

4. Правило: Учет эксплуатационных факторов при расчетах энергоэффективности

Условие:

Если режим эксплуатации здания предусматривает интенсивное использование отопления или кондиционирования воздуха, необходимо учесть дополнительные теплопотери.

Действие:

- Для зданий с высоким энергопотреблением (например, офисные здания или производственные помещения) предложить более эффективные системы

вентиляции и утепления.

- Предложить интеграцию системы «умного дома» для автоматической регулировки отопления в зависимости от погодных условий и использования помещений.

Пример:

- В офисных зданиях с круглосуточной эксплуатацией потребуются дополнительная теплоизоляция для уменьшения теплопотерь в межсезонье, когда отопление активно, но температура на улице умеренная.

- Для жилых зданий, где отопление используется только зимой, достаточно стандартных теплоизоляционных решений.

5. Правило: Оценка теплопотерь при многоуровневых зданиях

Условие:

Если многоуровневое здание (например, с несколькими этажами), система должна учитывать влияние этажности на теплопотери через потолки и стены.

Действие:

- В многоуровневых зданиях, теплопотери через перекрытия между этажами будут значительными, особенно если между этажами нет дополнительной теплоизоляции.

- Рекомендуется использовать дополнительную теплоизоляцию на этажах и межэтажных перекрытиях.

Пример:

- В многоэтажных зданиях необходимо учитывать, что теплопотери через межэтажные перекрытия могут быть значительными, если не используется утепление перекрытий.

6. Правило: Автоматическая корректировка расчетов в зависимости от обновленных данных

Условие:

Если данные о климате или новых строительных материалах обновляются, система должна автоматически пересчитывать теплотехнические характеристики.

Действие:

- При обновлении данных о климате или появлении новых материалов с улучшенными теплоизоляционными свойствами, система должна предложить пересмотр расчетов для снижения теплопотерь.
- Использование машинного обучения для корректировки правил на основе новых данных.

Пример:

- Если в регионе, где ранее была установлена стандартная теплоизоляция, температура зимой теперь стабильно ниже -15°C , система предложит увеличить толщину изоляции или заменить материалы на более эффективные.

Эти правила обеспечивают основу для создания экспертной системы, которая на основе машинного обучения и анализа данных о материалах, климате и эксплуатационных режимах зданий автоматически предлагает оптимальные решения для теплотехнического расчета ограждающих конструкций, повышая энергоэффективность и минимизируя теплопотери.

Модель диаграммы классов теплотехнического расчета ограждающих конструкций с использованием машинного обучения метода линейной регрессии [17].

Основные классы модели линейной регрессии:

1. `LinearRegression`: класс обучения и прогнозирования линейной регрессии, имеет атрибуты для хранения данных (`features`, `target`).
2. `BuildingElement`: класс ограждающей конструкции (слой материала), которая содержит информацию о его характеристиках (материал, толщина, теплопроводность, термическое сопротивление). Класс также реализует метод `calculate_U()` для расчета коэффициента теплопередачи.
3. `HeatLossCalculator`: класс теплопотерь, использует объект `BuildingElement`, площадь и разницу температур для вычисления теплопотерь.

Взаимодействие между классами:

- `LinearRegression` используется для прогнозирования характеристик

строительных материалов (коэффициент теплопроводности) на основе имеющихся данных;

- BuildingElement представляет собой элемент ограждающей конструкции;
- HeatLossCalculator используется для вычисления теплотерь через ограждающую конструкцию.

Экспертная система представлена в виде UML – диаграмм.

Диаграмма классов представлена в виде атрибутов со свойствами и методами реализации теплотехнического расчета такие, как [19]:

- класс – ограждающая конструкция (тип конструкции);
- класс – материал (теплоизоляционный материал и его толщина в условиях неопределенности, коэффициент проводности);
- класс – параметры (климатические условия);
- класс – теплотехнический расчет (расчеты на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость), проверка параметров;
- класс – результаты расчета (представление выходных данных).
- класс экспертной системы машинного обучения для теплотехнического расчета:

1) атрибуты: модели машинного обучения (models) (список используемых моделей машинного обучения); методы расчета (calculation_methods): список доступных методов для теплотехнического расчета; обработанные данные (processed_data): данные, которые уже были предварительно обработаны и использованы для обучения моделей; параметры расчета (calculation_parameters): параметры, необходимые для выполнения теплотехнических расчетов; метод обучения (training_method): метод, который используется для обучения модели.

2) методы: обучение модели (train_model): Метод, который обучает модели на исторических данных; предсказание результата (predict): Метод для выполнения предсказаний на основе обученной модели; выполнение теплотехнического расчета (perform_thermal_calculation): Метод для выполнения теплотехнического расчета; анализ результатов (analyze_results):

Метод для анализа и интерпретации результатов расчета; обновление модели (update_model): Метод для обновления модели после получения новых данных.

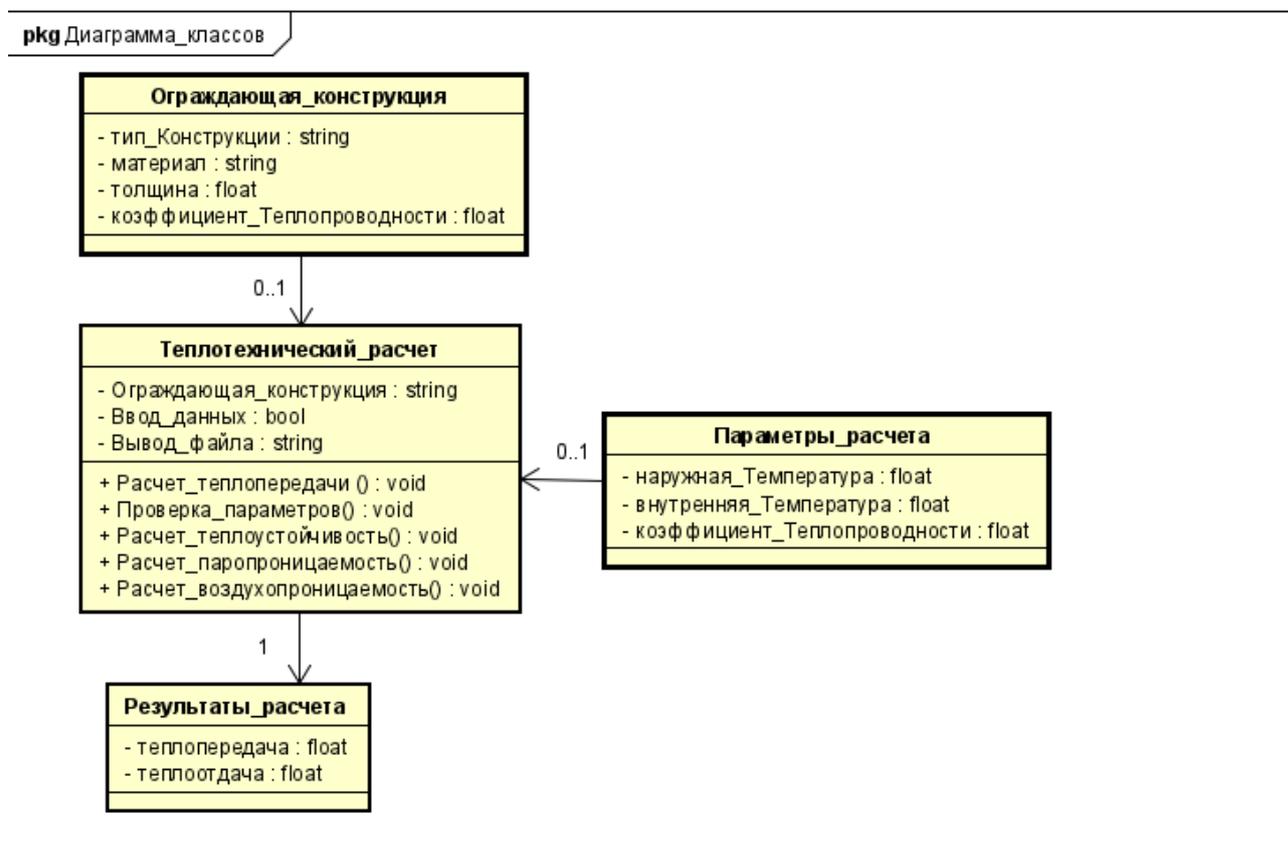


Рисунок 3.3 - Диаграмма классов

Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций должна иметь ряд преимуществ по сравнению с системами, описанными в первой главе:

- 1) **СУБД:** наличие системы управления базой данных Microsoft SQL Server.
- 2) **Архитектура:** клиент-серверная программа, которая разделена на клиентскую и серверную части.
- 3) **Язык программирования:** экспертная система, разработанная на высоком объектно-ориентированном языке C#.
- 4) **Удобство использования:** иметь интуитивно понятный и простой интерфейс, что должна быть легко доступной для инженеров и проектировщиков различных уровней квалификации.

- 5) **Нормативная база:** технические характеристики ограждающих конструкций в базе знаний согласно СНиПам Кыргызской Республики.
- 6) **Высокая точность:** система обязана анализировать большое количество данных и принимать точные решения.
- 7) **Гибкость:** возможность изменять и настраивать правила и процедуры в соответствии с изменяющимися условиями и требованиями.
- 8) **Возможность использования на различных платформах:** экспертная система необходима функционировать как на компьютерах с операционной системой Windows, так и на компьютерах с операционной системой Linux.
- 9) **Вывод результата расчета:** предоставление экспертного заключения в текстовом формате, содержащий подробное описание результатов, а также в виде графика.
- 10) **Масштабируемость и кроссплатформенность:** при необходимости экспертная система должна легко масштабирована и интегрирована с другими приложениям при использовании .NET Framework для обеспечения универсальности и доступности.
- 11) **Легкость сопровождения:** в последующем ее использовании легко сопровождается и поддерживается в будущем.
- 12) **Надежность:** иметь высокую степень информационной безопасности.
- 13) **Стоимость:** иметь невысокую стоимость по сравнению с вышеуказанными экспертными системами.

3.4. Алгоритм экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций

База знаний экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций - это центральная часть системы, которая содержит формализованные знания и экспертные правила, необходимые для проведения теплотехнических расчетов и оценки энергетической

эффективности. Вот примеры типовых знаний и правил, которые могут включаться в такую базу данных [9]:

1. Материалы и их характеристики:
 - Теплопроводность различных строительных материалов.
 - Теплоемкость материалов.
 - Сопротивление теплопередаче материалов.
2. Теплопередача через ограждающие конструкции:
 - Модели для оценки коэффициента теплопередачи (U-фактор) для стен, окон, дверей и крыши.
 - Расчет теплопередачи в многослойных конструкциях.
 - Влияние тепловых мостов.
3. Климатические условия и нормативы:
 - Климатические данные, такие как средние температуры и тепловые нагрузки.
 - Местные и международные стандарты и нормы в области энергетической эффективности.
4. Тепловое оборудование и системы ОВК:
 - Типы и характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
 - Энергопотребление и КПД отдельных компонентов.
5. Моделирование и алгоритмы расчета:
 - Алгоритмы расчета теплопередачи и расчета коэффициента теплопередачи.
 - Модели для анализа динамики тепловых потерь во времени.
6. Энергетическая эффективность и оптимизация:
 - Рекомендации по улучшению энергетической эффективности, основанные на расчетах.
 - Оценка влияния различных мероприятий на энергопотребление.
7. Данные по зданиям и проектам:

- Данные о конкретных зданиях, включая их геометрию, материалы и системы.
- Исторические данные по энергопотреблению и теплотерям для анализа.

8. Инструкции и рекомендации:

- Инструкции для пользователей системы по вводу данных и интерпретации результатов.
- Рекомендации по оптимизации систем и улучшению энергетической эффективности.

Эти знания и правила обеспечивают основу для проведения теплотехнических расчетов и оценки энергетической эффективности зданий в экспертной системе. Пользователи могут вводить данные о конкретном проекте или здании, а система использует базу данных, чтобы предоставить детальные расчеты и рекомендации [9].

Алгоритм расчета в экспертной системе теплотехнического анализа ограждающих конструкций может включать следующие шаги:

1. Запрос данных от пользователя: Пользователь взаимодействует с системой, вводя данные о проектируемом или существующем здании, такие как размеры, местоположение, характеристики материалов и системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
2. Извлечение данных из базы знаний: Система извлекает необходимую информацию из базы данных, включая теплопроводность материалов, климатические данные, характеристики систем ОВК и нормативы.
3. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций: Система использует данные о материалах и структурных элементах здания, а также о климатических условиях, для расчета коэффициента теплопередачи (U-фактора) для стен, окон, дверей, крыши и пола. Расчет может включать в себя оценку теплотер и теплоизоляции ограждающих конструкций [9].

4. Моделирование систем ОВК: Если в системе реализованы модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, то они могут быть включены в расчет. Система оценивает эффективность и энергопотребление этих систем в контексте конкретного здания.
5. Анализ результатов и сравнение с нормами: Полученные результаты анализируются и сравниваются с местными и международными нормативами и стандартами в области энергетической эффективности и теплотехническими требованиями.
6. Предоставление рекомендаций: На основе проведенных расчетов и анализа, система предоставляет рекомендации по улучшению энергетической эффективности здания. Рекомендации могут включать в себя изменения в конструкции, улучшение изоляции, обновление систем ОВК и другие меры.
7. Предоставление результатов пользователю: Система выводит детальные результаты теплотехнических расчетов, включая коэффициенты теплопередачи, энергопотребление и рекомендации пользователю через графики, таблицы или отчеты [9].
8. Мониторинг и анализ в реальном времени (при наличии): Если система включает мониторинг в реальном времени, она может постоянно мониторить энергопотребление и предоставлять анализ для операторов системы.

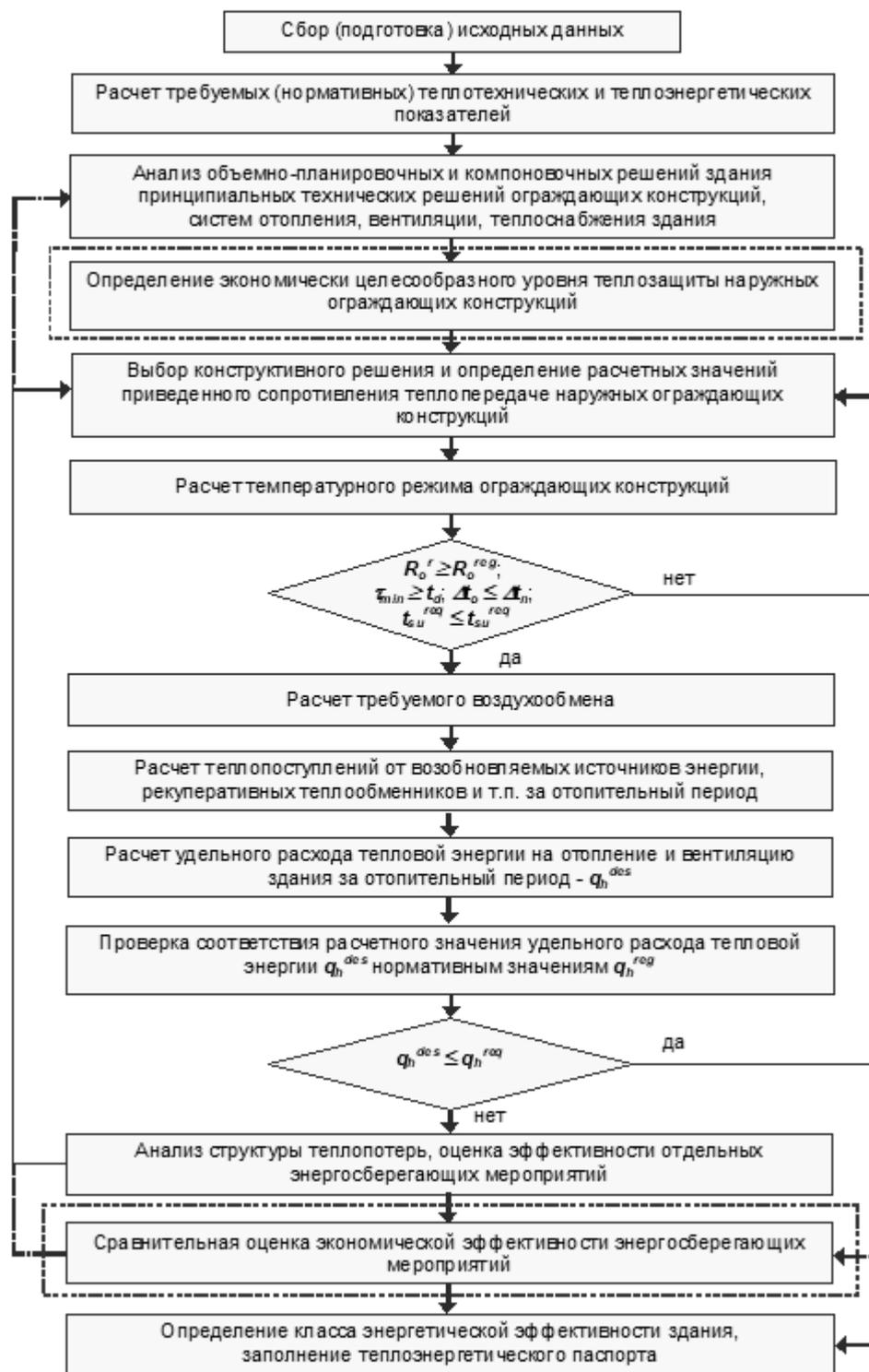


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритма

Последовательность определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

1. Термическое сопротивление ограждения

Основной характеристикой теплозащитных качеств однородного ограждения является его термическое сопротивление, которое определяется

по формуле
$$R = \frac{\beta}{\lambda}, \quad \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}. \quad (3.1)$$

где β – толщина слоя, м; λ - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, принимаемый по, Вт/(м×с)

2. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.

Сопротивление теплопередаче (в $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.) однородной ограждающей конструкций определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (3.2)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкций; $\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент для зимних условий наружной поверхности ограждающей конструкций, R –термическое сопротивление слоя по формуле (см. 3.1).

Сопротивление теплопередаче (в $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.) Многослойных ограждений определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (3.3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ и $\alpha_{\text{н}}$ -то же, что в формуле (4); $R_{\text{к}}$ - Сумма термических сопротивлений отдельных, последовательно расположенных слоев ограждения, каждое из которых определяется по формуле (см. 3.1).

3. Требуемое сопротивление теплопередаче

Сопротивление теплопередаче R_0 ограждающих конструкций должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$ по санитарно-гигиеническим условиям, определяемого по формуле

$$R_0^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{с}} - t_{\text{н}})}{\Delta t \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}. \quad (3.4)$$

где Δt - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности ограждающей конструкций; $\alpha_{\text{в}}$ - то же, что в формуле (2); n – коэффициент; $t_{\text{в}}$ - расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$, принимаемая по нормам

проектирования соответствующих зданий; t_H – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °C с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций [14].

Тепловая инерция D определяется по формуле

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n, \quad (3.5)$$

где R_1, R_2, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, в $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемые по формуле (см. 3.1); S_1, S_2, S_n – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.

3.6. Анализ расчета сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций наружной стены

Анализ расчета сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций наружной стены с применением линейной регрессии и градиентного бустинга, а также сравнение этих методов с традиционным методом (по расчету сопротивления теплопередачи) является задачей для оценки эффективности использования современных методов машинного обучения для теплотехнических расчетов.

Давайте разобьем задачу на три части:

1. Традиционный метод расчета сопротивления теплопередаче.
2. Использование линейной регрессии для прогнозирования сопротивления теплопередаче.
3. Использование градиентного бустинга для прогнозирования сопротивления теплопередаче.

1. Традиционный метод расчета сопротивления теплопередаче

Традиционный способ расчета сопротивления теплопередаче (R) ограждающей конструкции с использованием теплофизических свойств материалов, таких как теплопроводность (λ) и толщина (d), дается формулой:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3.6)$$

где: R - сопротивление теплопередаче ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$), d - толщина материала (м), λ - коэффициент теплопроводности материала ($\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$).

Предположим, что у нас есть наружная стена с толщиной $d=0.2$ м и коэффициентом теплопроводности $\lambda=0.4$ $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$. Тогда сопротивление теплопередаче будет вычисляться как:

$$R = \frac{0.2}{0.4} = 0.5 \text{ м}^2$$

это традиционный метод, который предоставляет нам

прямое значение сопротивления теплопередаче для данного материала.

2. Использование линейной регрессии

Линейная регрессия позволяет прогнозировать сопротивление теплопередаче на основе других параметров, таких как толщина и теплопроводность. Как мы уже обсуждали ранее, модель линейной регрессии может быть представлена уравнением:

$$R = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot \lambda \quad (3.7)$$

где: R - сопротивление теплопередаче, d - толщина, λ - теплопроводность.

У нас есть набор данных с разными толщинами и теплопроводностями, и мы хотим построить модель линейной регрессии для предсказания сопротивления.

Таблица 3.1 – Набор данных

Толщина (м)	Теплопроводность ($\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$)	Сопротивление ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$)
0.1	0.45	0.22
0.2	0.35	0.57
0.15	0.40	0.38
0.3	0.50	0.60
0.25	0.42	0.60

Мы можем обучить модель линейной регрессии, чтобы она предсказывала R на основе d и λ .

3. Использование градиентного бустинга

Градиентный бустинг - это метод, основанный на ансамбле слабых моделей (обычно решающих деревьев). Он обучает модели поочередно, исправляя ошибки предыдущих моделей. Этот метод часто используется для решения задач регрессии, где данные имеют сложные зависимости.

4. Сравнение традиционного метода, линейной регрессии и градиентного бустинга

Чтобы сравнить результаты, рассмотрим несколько метрик, которые помогут оценить, насколько точны методы машинного обучения по сравнению с традиционным расчетом.

Результаты для традиционного метода: для заданных толщины и теплопроводности традиционный метод дает результат: традиционное сопротивление: $R=0.5 \text{ м}^2\text{°C /Вт}$.

Результаты линейной регрессии: линейная регрессия предсказывает сопротивление как $R_{lr}=0.52 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Результаты градиентного бустинга: градиентный бустинг предсказывает сопротивление как $R_{gb}=0.51 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Метрики для оценки модели: для оценки точности предсказаний используют следующие метрики:

- среднеквадратичная ошибка (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3.8)$$

где y_i - истинные значения, а \hat{y}_i - предсказанные значения.

- коэффициент детерминации (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.10)$$

где \bar{y} - среднее значение истинных значений y_i .

Сравнив традиционный метод с методами машинного обучения (линейная регрессия и градиентный бустинг), можно отметить, что методы машинного обучения могут дать более точные результаты, особенно если данные более сложные и имеют нелинейные зависимости.

Линейная регрессия может быть полезна для простых зависимостей, а градиентный бустинг более эффективен для сложных и многозначных данных, где простые модели могут быть недостаточными.

3.7. Описание формы теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Форма теплотехнического расчета ограждающих конструкций производит расчеты на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость (см. рис. 3.5).

На форме необходимо выбрать тип здания и ограждающей конструкции, указать высоту здания. При выборе области и города автоматически указываются данные температуры воздуха и отопительного периода. Существуют два состояния материала сухое и эксплуатируемое. По умолчанию указывается сухое состояние материала и влажности помещения 55%. Характеристика ограждения имеет семь слоев, в зависимости от состава ограждающей конструкции выбираются слои из используемого материала. При выборе материала слоя автоматически указывается коэффициент теплопроводности. Толщину слоя необходимо указать в определенных величинах. Выбрав все параметры нужно отметить расчеты на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость и нажав кнопку «Расчет», откроется форма графика результатов расчета [9].

График содержит величины общего сопротивление теплопередачи ограждения R_o и требуемого. По условию $R_o \geq R_o(тp)$, если условие удовлетворяет условию, то на графике отразится слово «Достаточно», а в обратном случае «Недостаточно» [9].

График также содержит расчетные данные сопротивления паропроницания и воздухопроницания. На графике нарисованы слои, отраженные определенным цветом. График отражает линии точки росы и градусов (см. рис. 3.6).

Нажав кнопку «Отчет» высветится окно отчета результатов расчета. Про необходимости можно сохранить результаты расчетов, нажав на кнопку «Сохранить» (см. рис. 3.7).

Отчетные данные экспортируются в текстовый файл в приложение MS Word (см. рис. 3.8). По необходимости можно сохранить текстовый файл в формате RTF.

The screenshot shows the 'Теплорасчет' (Thermal Calculation) software interface. The window title is 'Главная форма приложения - [Теплорасчет]'. The interface is divided into several sections:

- Условия эксплуатации ограждения (Envelope operating conditions):** Includes fields for outdoor air temperature (-23 °C), indoor air temperature (18 °C), average heating temperature (0,9 °C), and heating period duration (157 days).
- Состояние материала (Material state):** Radio buttons for 'Сухое' (Dry) and 'Эксплуатируемое' (Operational). Includes 'Зона влажности' (Humidity zone) set to 'Нормальная' (Normal) and 'Влажность помещения' (Room humidity) set to 55%.
- Характеристики ограждения (Envelope characteristics):** A table for layer properties (7-го, 6-го, 5-го, 4-го, 3-го, 2-го, 1-го layers) with columns for thickness, thermal conductivity, and material type (e.g., 'Кладка из к...').
- Требуемое сопротивление ограничения теплопередачи (Required thermal resistance):** Set to 1,5 m²·град./Вт.
- Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности (External surface heat transfer coefficients):** Set to 23 Вт/(м²·град.).
- Тип здания (Building type):** 'Жилые, лечебно-профилактические и детские учре...'. 'Тип ограждающей конструкции' (Envelope construction type) is 'Наружная стена' (External wall). 'Высота здания' (Building height) is 3.
- Расположение (Location):** 'Область' (Region) is 'Чуйская' (Chuy) and 'Город' (City) is 'Бишкек' (Bishkek).
- Тип расчета (Calculation type):** Radio buttons for 'Расчитать требуемую толщину 4-го слоя по условию теплопередачи' and 'Проверить ограждение на сопротивление теплопередачи' (selected).
- Buttons:** 'Обновить' (Refresh) and 'Расчет' (Calculate).

Рисунок 3.5 - Форма теплотехнического расчета ограждающих конструкций

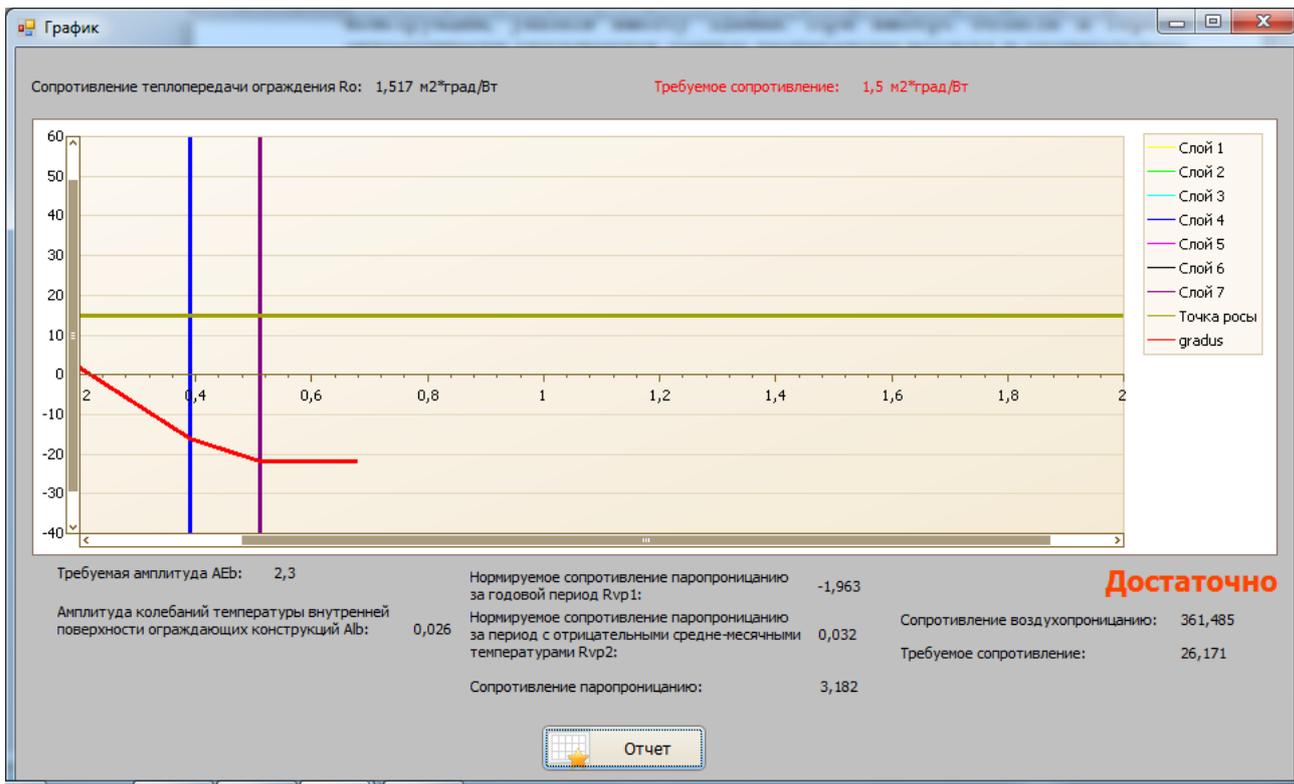


Рисунок 3.6 - График результатов расчета

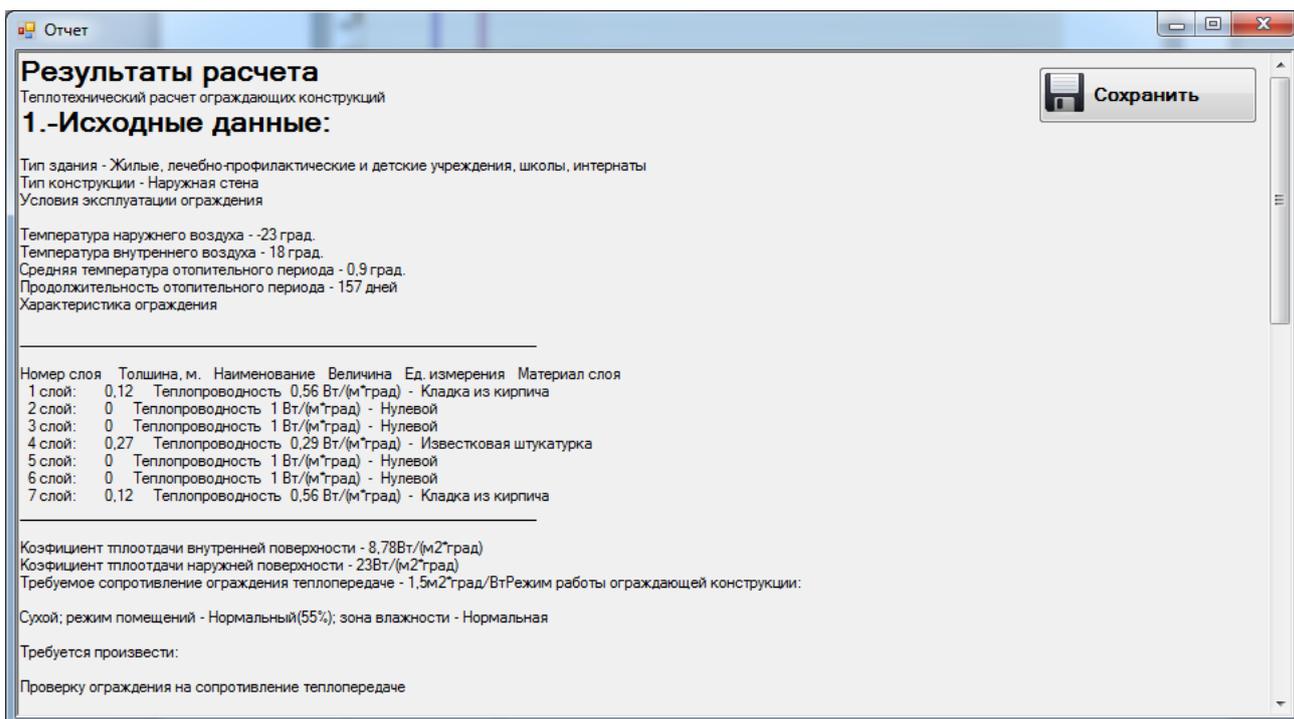


Рисунок 3.7 - Отчет результатов расчета

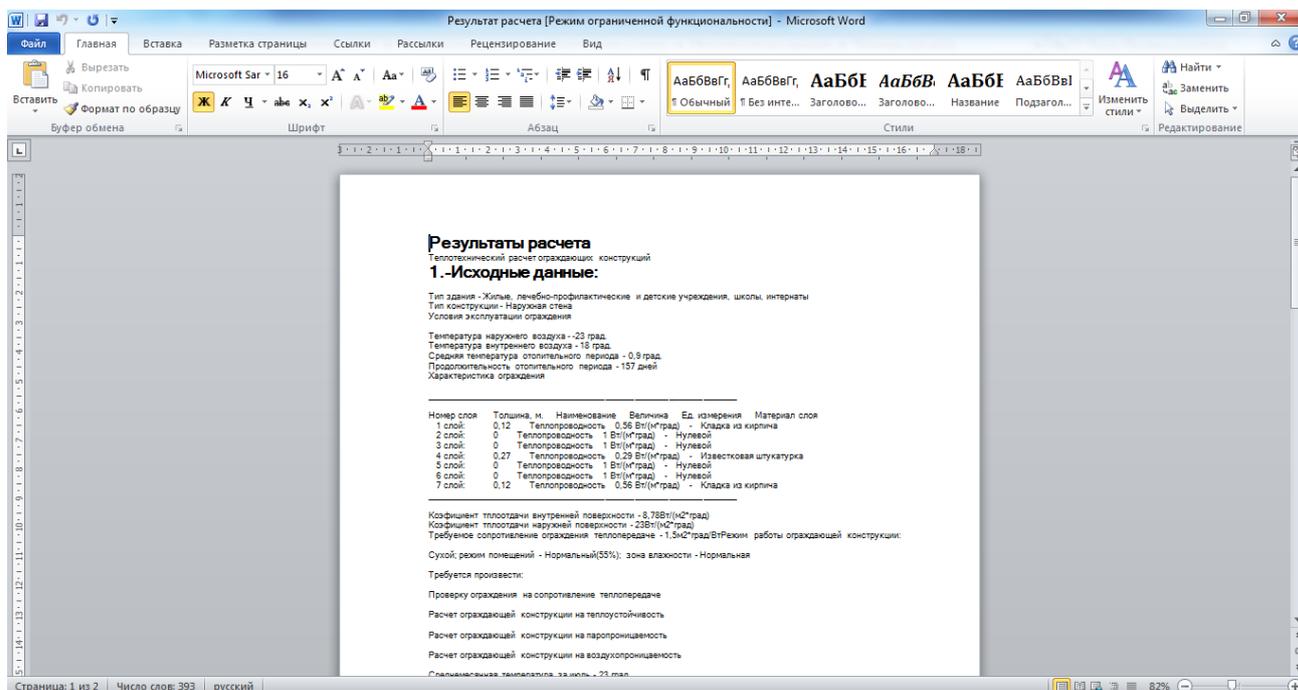


Рисунок 3.8 - Результаты расчетов в текстовом файле

Заключение по главе 3

Разработанная экспертная система теплотехнического расчета с применением машинного обучения в климатических условиях Кыргызской Республики имеет ряд преимуществ:

1. Адаптация к местным климатическим условиям. Экспертная система разработана с учетом специфических климатических условий Кыргызстана, таких как экстремальные температуры, высокая солнечная активность и значительные перепады температур в разных регионах страны. Система учитывает эти факторы при расчете оптимальных параметров ограждающих конструкций.
2. Интеграция с местными строительными нормами и стандартами. Экспертная система учитывает местные строительные нормы и стандарты, применяемые в Кыргызстане. Система предлагает рекомендации, соответствующие местным нормативам и требованиям к теплозащите зданий.
3. Учет местных материалов и технологий. Система включает информацию о местных материалах, используемых в строительстве

зданий в Кыргызстане, что позволяет предложить оптимальные решения и рекомендации, учитывая доступность и характеристики материалов.

4. Учет энергетической эффективности. Экспертная система помогает оптимизировать энергетическую эффективность зданий в Кыргызстане., что включает рекомендации по использованию энергосберегающих материалов и технологий.
5. Интеграция с государственными органами и профессиональными сообществами. Сотрудничество с государственными органами, строительными компаниями и профессиональными сообществами в Кыргызстане позволяет использовать экспертную систему в практической работе по тепловой защите зданий. Это может способствовать более широкому принятию системы и ее дальнейшему развитию.
6. Экспертная система имеет справочные данные согласно нормативным данным. Ввод и редактирование информации производится с помощью экранных форм в режиме диалога. Отчетные данные экспортируются в текстовый файл и по необходимости можно сохранить в каталоге или на физическом носителе.

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

4.1. Практическое применение экспертной системы теплотехнического расчета

Задачи создания микроклимата в помещениях решаются в тесном взаимодействии с выбираемыми характеристиками ограждающих конструкций и способами создания микроклимата. Степень сопротивления ограждающих конструкций проникновению в помещение холода, солнечного тепла, ветра определяет технико-экологическую эффективность теплового барьера, создаваемого конструктивными мерами. Хорошие в теплотехническом отношении решения достигаются только при комплексном подходе к теплозащите и тепловому комфорту помещений, гарантирующим минимальные годовые расходы на обогрев зимой и охлаждение зданий летом. Снижение расчетных потерь тепла зданиями может существенно уменьшить напряженность теплового баланса в стране, поскольку теперь на теплоснабжение возведенных зданий и сооружений расходуются до 40% добываемого твердого и газообразного топлива.

Поэтому цель настоящих исследовательских работ – способствовать усвоению и практическому применению строительной теплотехники при проектировании зданий, возводимых в различных климатических районах Кыргызстана, в частности – проверка теплозащитных качеств ограждающих конструкций и выбор оптимального решения ограждения в зависимости от климатических условий района строительства, назначения здания, санитарно-технических требований.

Здание должно не только служить убежищем, но и создавать комфорт и поддерживать здоровье. Комфорт в помещении зависит от:

- температуры внутреннего воздуха: оптимально 20 °С – 22 °С;
- температуры внутренних поверхностей стен, ограждающих помещение: минимум 16°С-18°С. В противном случае появляется ощущение сквозняка;

-относительной влажности воздуха в помещении: нормально 50%—60%; <40% — сухость слизистой оболочки; >60% — тепличный климат;

Предлагается совершенствованный алгоритм, который сводится:

- расчету необходимой толщины теплоизоляционных материалов;
- определению требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{TP} для заданных условий эксплуатации конструкций;
- приравнивание $R_0 = R_0^{TP}$ из этого условия определяется толщина искомого слоя наружного ограждения.

Особенности теплоизоляции зданий

При эксплуатации жилого дома через стены теряется до 40% тепла, через окна - 18%, подвал - 10%, покрытия - 18%, вентиляцию - 14%. Потеря тепла из здания происходит по определённой схеме.

При решении проблемы уменьшения теплопотерь, необходим комплексный подход к использованию современных теплоизоляционных материалов. И модернизируя ограждающие конструкции, не обойтись без модернизации инженерных систем - вентиляции и теплоснабжения.

Основные методы достижения энергетической эффективности зданий:

- повышение тепловой эффективности ограждающей оболочки здания, включая стены, покрытия и окна;
- повышение регулируемости систем отопления и теплоснабжения зданий;
- повышение эффективности эксплуатируемых систем теплоснабжения, в том числе путем перехода к применению альтернативных систем децентрализованного теплоснабжения;
- внедрение систем принудительной вентиляции с применением систем рекуперации тепла вытяжного воздуха.

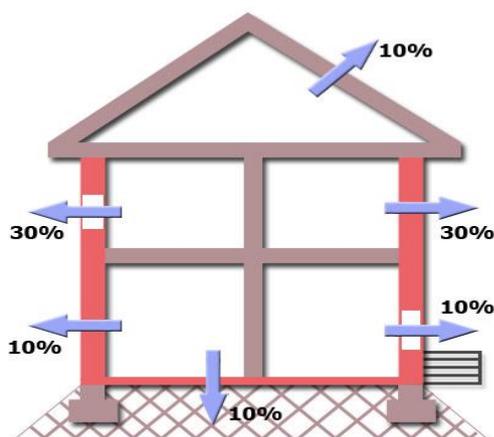


Рисунок 4.1 - Схема потеря тепла из здания

В современном строительстве существует два направления снижения теплопотерь в зданиях: реконструкция существующих строений и приведение их в соответствие с новыми нормами теплозащиты, а также разработка и возведение новых так называемых энергоэффективных домов, отвечающих современным строительным требованиям. Снижение энергопотребления зависит также от региона строительства и объемно-планировочных решений зданий, что в среднем составляет около 40% по сравнению со зданиями, построенными по старым нормам. Подсчитано, что затраты на проведение тепловой модернизации этой категории зданий окупаются за 10-15 лет.

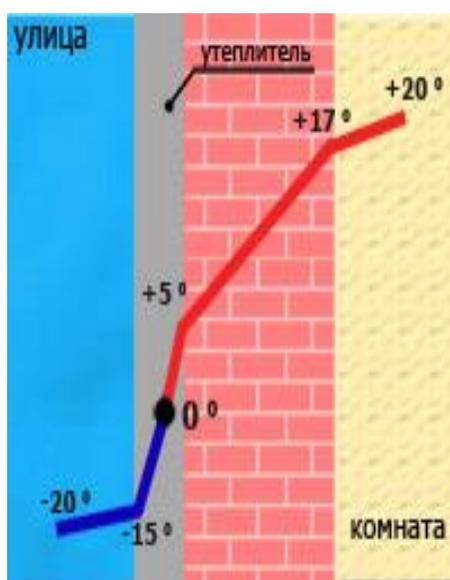


Рисунок 4.2 - Утепление стен выполнено снаружи помещения

Стены не подвержены перепаду температур, сохраняют тепло. Точка росы выведена во внешний теплоизолирующий слой, благодаря чему исключена возможность образования конденсата, стена остаётся сухой. Значительно сокращены теплопотери.

«Точка росы» - температура, до которой должен охладиться воздух при данном давлении, для того чтобы содержащийся в нем пар достиг насыщения и начал конденсироваться, т. е. появилась роса.

Алгоритм теплотехнического расчета ограждающих конструкций в условиях неопределенности толщины теплоизоляционных материалов.

1. Определение исходных данных

- Выбор климатических параметров района строительства (температура наружного воздуха, длительность отопительного периода, влажность).
- Определение параметров внутреннего микроклимата (температура, относительная влажность воздуха).
- Выбор материалов для ограждающих конструкций и их теплотехнических характеристик (теплопроводность, плотность, теплоемкость).

2. Расчет термического сопротивления слоев конструкции

- Расчет термического сопротивления каждого слоя материала:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (4.1)$$

где R_i - сопротивление слоя, d_i - толщина слоя, λ_i - коэффициент теплопроводности.

- Определение общего термического сопротивления конструкции:

$$R_{\text{общ}} = \sum R_i \quad (4.2)$$

3. Определение коэффициента теплопередачи

- Коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$U = \frac{1}{R_{\text{общ}}} \quad (4.3)$$

где U - коэффициент теплопередачи.

4. Расчет теплопотерь через ограждающую конструкцию

- Определение теплового потока:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (4.4)$$

где A - площадь ограждающей конструкции, ΔT - разница температур между внутренним и наружным воздухом.

5. Определение требуемой толщины теплоизоляции

- При неизвестной толщине теплоизоляционного слоя расчет ведется по заданному требуемому сопротивлению теплопередаче $R_{тр}$:

$$D_{иск} = R_{тр} \cdot \lambda_{утеплителя} \quad (4.5)$$

где $D_{иск}$ - требуемая толщина теплоизоляции.

6. Анализ результатов и корректировка параметров

- Сравнение полученных значений с нормативными требованиями.
- Корректировка толщины утеплителя при необходимости.
- Оценка энергосбережения и экономической эффективности.

Для экспериментальной проверки достоверности результатов теплотехнического расчета ограждающих конструкций применялся систематичный подход с использованием соответствующего оборудования.

Этапы экспериментального процесса:

- Выбор образцов для эксперимента теплотехнического расчета ограждающих конструкций;
- Проведение испытаний в контролируемых условиях;
- Измерение температурных градиентов с применением термопар;
- Сравнение результатов с теплотехническим расчетом;
- Анализ и интерпретация результатов;
- Выводы и рекомендации.

Выбор образцов для эксперимента теплотехнического расчета ограждающих конструкций содержит следующие характеристики:

- представительность: образцы, содержащие тип материала утепления, плотность и толщину;
- стандартизация: образцы, соответствующие стандартам и нормативам в

области теплоизоляции и энергоэффективности;

- размеры: образцы соответствующие требуемым размерам и параметрам;
- безопасность образцов на надежность от воспламенения.

Проведение испытаний в контролируемых условиях проводилась на испытательной платформе, где обеспечивался контроль температуры и влажности.

Усовершенствованный алгоритм расчета зависимости теплотерь от коэффициента теплопроводности с учетом неопределенности толщины теплоизоляции с использованием подхода случайной генерации значений толщины теплоизоляции в заданном диапазоне для каждого значения коэффициента теплопроводности λ позволяет более точно моделировать влияние случайных колебаний толщины изоляции на теплотери. Этот подход учитывает неопределенности, которые могут возникать из-за неточностей в проектировании, производственных погрешностей или колебаний внешних факторов.

1. Математическая модель зависимости теплотерь от коэффициента теплопроводности и толщины теплоизоляции

Теплотери через ограждающие конструкции могут быть рассчитаны с использованием формулы:

$$Q = S \cdot (T_1 - T_2) / R \quad (4.6)$$

где:

Q - теплотери (Вт),

S - площадь ограждающей конструкции (m^2),

T1 и T2- температура внутри и снаружи здания ($^{\circ}C$),

R- сопротивление теплопередаче, которое зависит от коэффициента теплопроводности λ и толщины изоляции d:

$$R = d / \lambda \quad (4.7)$$

где:

d - толщина теплоизоляции (м),

λ - коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции ($Вт/м \cdot ^{\circ}C$).

Таким образом, теплотери можно выразить как:

$$Q = S \cdot (T_1 - T_2) \cdot \lambda / d \quad (4.8)$$

2. Моделирование неопределенности толщины теплоизоляции

Для более точного моделирования можно учесть неопределенности в толщине теплоизоляции, которые могут быть вызваны: погрешностями при производстве, дополнительными требованиями к монтажу, влиянием климатических условий.

Подход случайной генерации предполагает, что толщина теплоизоляции d в пределах заданного диапазона будет варьироваться для каждого значения коэффициента теплопроводности λ .

3. Алгоритм усовершенствования

Шаг 1: Задание диапазона значений толщины теплоизоляции

Задается диапазон возможных значений толщины теплоизоляции, например, от $d_{\min}=0.05$ м до $d_{\max}=0.15$ м, в зависимости от типов материалов и требований к зданию.

Шаг 2: Случайная генерация значений толщины теплоизоляции

Для каждого коэффициента теплопроводности λ генерируются случайные значения толщины теплоизоляции d из указанного диапазона.

$$d_i = d_{\min} + (d_{\max} - d_{\min}) \cdot \text{rand}(0,1) \quad (4.9)$$

где $\text{rand}(0,1)$ - случайное число в диапазоне от 0 до 1.

Шаг 3: Расчет теплотерь для каждого значения толщины

Для каждого сгенерированного значения толщины d_i рассчитываются теплотери Q_i по формуле:

$$Q_i = S \cdot (T_1 - T_2) \cdot \lambda / d_i \quad (4.10)$$

Шаг 4: Статистический анализ результатов

После выполнения расчета для множества значений толщины изоляции проводится статистический анализ: средние значения теплотерь, дисперсия и стандартное отклонение для оценки диапазона возможных теплотерь, доверительные интервалы для предсказания вероятных значений теплотерь с учетом неопределенности.

Шаг 5: Оценка влияния неопределенности на результат

Проводят анализ того, как изменение толщины изоляции влияет на теплопотери в зависимости от значения коэффициента теплопроводности λ , что позволит оценить чувствительность системы к изменениям толщины изоляции.

4. Пример расчета

Имеются следующие данные:

- площадь стен $S=50 \text{ м}^2$,
- внутренняя температура $T_1=22 \text{ °С}$,
- внешняя температура $T_2=-10 \text{ °С}$,
- коэффициент теплопроводности материала изоляции $\lambda=0.1 \text{ Вт}$,
- диапазон толщины изоляции $d_{\min}=0.05 \text{ м}$, $d_{\max}=0.15 \text{ м}$.

5. Преимущества подхода

- реалистичность: моделирование неопределенности позволяет учитывать вариации, которые могут возникать в реальных условиях строительства и эксплуатации.
- гибкость: легко адаптируется для разных типов материалов и конструкций.
- оценка риска: статистический анализ позволяет определить вероятность превышения определенных пороговых значений теплопотерь, что важно для энергоэффективного проектирования.

Таблица 4.1 - Значения теплопотерь

Толщина теплоизоляции, d (м)	Теплопотери, Q (Вт/м ²)
0,05	80,00
0,06	66,67
0,07	57,14
0,08	50,00
0,09	44,44
0,10	40,00
0,11	36,36
0,12	33,33
0,13	30,77
0,14	28,57

0,15	26,67
------	-------

Интерпретация

- при минимальной толщине $d_{min}=0.05\text{м}$ будут теплотери максимальными, так как сопротивление теплопередаче невелико.
- при максимальной толщине $d_{max}=0.15\text{м}$ теплотери минимальны, так как сопротивление теплопередаче велико.
- стандартное отклонение теплотерь: $14,22 \text{ Вт/м}^2$

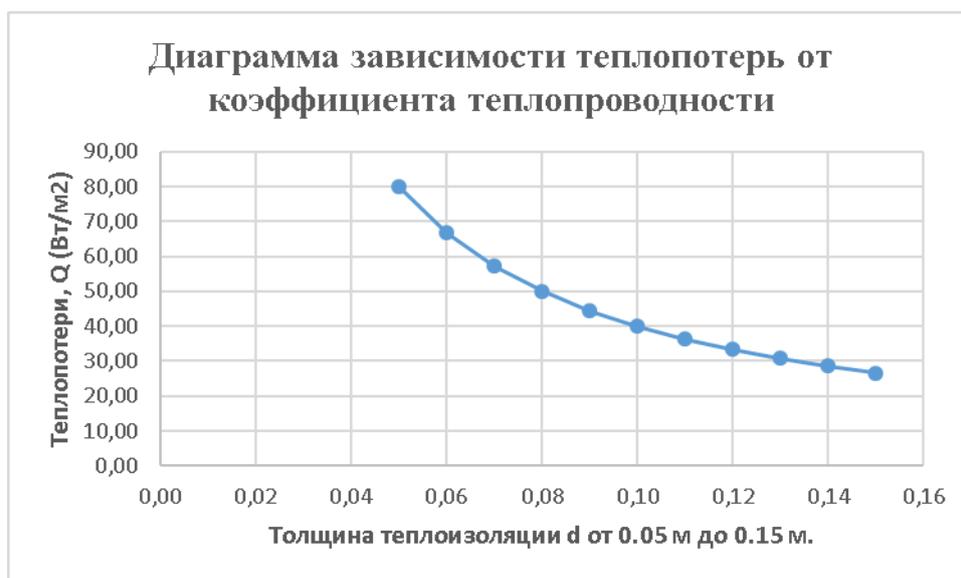


Рисунок 4.3 - Диаграмма зависимости теплотерь от коэффициента теплопроводности

Таблица 4.2 - Сравнительный анализ линейной регрессии и градиентного бустинга

Параметр	Линейная регрессия (Результат)	Градиентный бустинг (Результат)	Примечания
Толщина изоляции (мм)	100	100	В обоих методах толщина изоляции задана одинаково
Тип материала (класс)	Стена из бетона	Стена из бетона	Оба метода предполагают использование одинаковых материалов
Температура внешняя (°C)	-10	-10	Температура внешняя в обоих случаях одинаковая
Теплотери (Вт/м²)	40,0	38,5	Линейная регрессия дает немного большее значение, тогда как градиентный бустинг дает более точные

			предсказания
Энергопотребление (кВт·ч/м ²)	10,5	10,2	В результате использования градиентного бустинга энергопотребление немного снижается
Температура внутри (°C)	22	22	Внутренняя температура одинаковая для обоих методов
Влажность (влажность воздуха)	60%	60%	Влажность воздуха также одинакова для обоих методов
Итоговая теплопередача (Вт/м ²)	0,45	0,43	Градиентный бустинг предлагает более точное значение теплопередачи, что связано с его способностью учитывать более сложные зависимости
Коэффициент детерминации (R ²)	0,92	0,98	Градиентный бустинг показывает более высокое значение R ² , что указывает на более высокую точность предсказания
Средняя абсолютная ошибка (MAE)	2,5	1,8	Градиентный бустинг демонстрирует меньшую ошибку, что говорит о его высокой точности
Время обучения (сек)	0,5	3,0	Время обучения градиентного бустинга значительно выше из-за более сложной модели
Время предсказания (сек)	0,05	0,1	Градиентный бустинг требует немного больше времени для предсказания, чем линейная регрессия

Интерпретация результатов машинного обучения состоит из:

1. Оценка точности модели

- средняя абсолютная ошибка показывает, на сколько в среднем модель ошибается при предсказаниях;
- среднеквадратичная ошибка помогает понять, насколько сильно предсказания модели отклоняются от реальных значений.
- коэффициент детерминации (R²) измеряет, какая доля изменений в зависимой переменной объясняется моделью. Чем ближе значение R² к 1, тем лучше модель.

2. Интерпретация результатов

- линейная модель позволяет интерпретировать результаты, анализируя важность признака (фактора) в расчете теплотехнических характеристик.
- коэффициенты для каждого признака показывают, как сильно изменение этого признака влияет на конечное значение теплопотерь или теплопередачи, если коэффициент для толщины теплоизоляции положительный, это означает, что увеличение толщины изоляции приведет к снижению теплопотерь.
- важность признаков: градиентный бустинг показывает важность различных факторов в расчете, если теплопроводность материала имеет высокую важность, это может означать, что выбор материала ограждающих конструкций имеет наибольшее влияние на теплопотери.
- важность факторов показывают, что толщина теплоизоляции и температурный режим в регионе оказывают наибольшее влияние на результаты, а тип материала менее значим.

3. Выявление скрытых закономерностей

Модели машинного обучения выявляют скрытые закономерности, которые трудно заметить с помощью традиционных методов расчета, использование методов машинного обучения показывают, что:

- в холодных климатах увеличение толщины утеплителя до определенного уровня (например, 150 мм) значительно снижает теплопотери, но при этом увеличение толщины выше этого уровня может не иметь значительного эффекта.
- температурные колебания и влажность оказывают влияние на теплопередачу через конструкции, что приводит к необходимости более точного учета этих факторов.

4. Прогнозирование и адаптация

Модели машинного обучения позволяют не только анализировать текущие данные, но и прогнозировать возможные изменения в теплотехнических характеристиках:

- если климатические условия в регионе меняются, экспертная система автоматически корректирует расчеты, предлагая более эффективные решения для теплоизоляции.
- если на рынке появляются новые строительные материалы с улучшенными теплоизоляционными характеристиками, модель быстро адаптируется, учитывая эти изменения и предоставляя рекомендации по их использованию.

4.2 Описание эксперимента машинного обучения для экспертной системы теплотехнического расчета

Эксперимент машинного обучения в контексте экспертной системы для теплотехнического расчета направлен на создание и обучение модели машинного обучения, которая способна автоматически вычислять теплопотери в здании на основе параметров:

- коэффициент теплопроводности материала,
- толщина теплоизоляции,
- температурное различие внутри и снаружи здания,
- площадь поверхности стен и другие параметры.

Модель помогает в принятии решений по выбору оптимальных теплоизоляционных материалов и толщины для минимизации теплопотерь и повышения энергоэффективности зданий.

Для построения модели машинного обучения необходимо собрать данные о теплотехнических расчетах реальные и синтетические:

- Коэффициент теплопроводности материалов (λ), измеряемый в Вт/(м·К).
- Толщина теплоизоляции (L), измеряемая в метрах.
- Температурное различие (ΔT), которое зависит от географического положения и времени года.
- Площадь поверхности (A), площадь стен в здании.

Синтетические данные сгенерированные данные эксперимента могут включать:

- 50–500 выборок с различными значениями коэффициента теплопроводности, толщины теплоизоляции и температурного различия.
- Целевая переменная: теплопотери (Q)

Для использования в модели машинного обучения данные разделяются на признаки коэффициент теплопроводности, толщину и целевую переменную (теплопотери).

Данные разделяются на две части: обучающая выборка (80% данных) используется для тренировки модели и тестовая выборка (20% данных) используется для проверки производительности модели на данных, которые она ранее не видела.

Для теплотехнического расчета были использованы алгоритмы машинного обучения линейная регрессия: для простых зависимостей между признаками и теплопотерями и градиентный бустинг, для более сложных зависимостей.

Модель обучается на обучающих данных с использованием выбранного алгоритма машинного обучения. Процесс обучения включает:

- Определение зависимостей между входными признаками (коэффициент теплопроводности, толщина) и теплопотерями.
- Оценку производительности модели с помощью метрик, таких как среднеквадратичная ошибка (MSE).

После обучения модели оценивается её способность предсказывать теплопотери на тестовых данных. Используются такие метрики, как:

- Среднеквадратичная ошибка (MSE): измеряет среднюю квадратичную разницу между предсказанными и реальными значениями теплопотерь;
- Коэффициент детерминации (R^2): показывает, насколько хорошо модель объясняет вариацию в данных.

Визуализация помогает лучше понять работу модели: графики реальных и предсказанных значений теплопотерь на обучающих и тестовых

данных; столбчатая диаграмма важности признаков для оценки вклада каждого из параметров (коэффициента теплопроводности и толщины) в модель.

Одной из важных целей является понимание того, какие факторы (признаки) оказывают наибольшее влияние на теплопотери:

- Коэффициент теплопроводности может быть важным для материалов с высокой теплопроводностью (бетон);
- Толщина теплоизоляции окажет влияние на теплопотери, где более толстый слой снижает потери тепла.

После обучения и оценки модели: разработана экспертная система, которая автоматически предсказывает теплопотери на основе входных данных для оптимизации выбора толщины теплоизоляции с учетом минимизации теплопотерь и затрат на материалы.

Эксперимент приводит к получению модели, которая точно предсказывает теплопотери на основе оценки важности признаков, что позволит выявить ключевые факторы, влияющие на теплопотери, дать рекомендаций для строительства зданий с минимальными теплопотерями.

Расчет теплопотерь через линейную регрессию, где параметры - это коэффициент теплопроводности и толщина теплоизоляции, а целевая переменная - это теплопотери. В коде представлены шаги для визуализации результатов и оценки точности модели.

Инициализация и генерация данных: `np.random.seed(42)` устанавливает начальное значение для генератора случайных чисел, чтобы результаты можно было воспроизвести. Генерация случайных данных: `коэффициент_теплопроводности`: массив случайных значений коэффициента теплопроводности, который генерируется в диапазоне от 0.1 до 2.0 для 50 выборок, `температурное_различие`: константное значение температурного различия между внутренней и наружной поверхностью стены - 32°C, `площадь_поверхности_стены`, принимается равной 50 м², случайно

генерируются значения толщины теплоизоляции, которые варьируются от 0.05 до 0.15 м (5–15 см) для 50 выборок.

Расчет теплопотерь: теплопотери рассчитываются с использованием следующей формулы: $Q = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / L$, где: Q - теплопотери, λ - коэффициент теплопроводности, A - площадь поверхности стены, ΔT - температурное различие, L - толщина теплоизоляции.

Эта формула помогает рассчитать теплопотери для каждой из случайных выборок, которые были сгенерированы.

Создание DataFrame: данные о коэффициенте теплопроводности, толщине теплоизоляции и теплопотерях собираются в DataFrame под названием данные. Этот DataFrame используется как база для обучения модели линейной регрессии. В столбцах DataFrame находятся: коэффициент_теплопроводности, толщина, теплопотери.

Подготовка данных для модели: разделение данных: используется функция `train_test_split`, чтобы разделить данные на обучающую и тестовую выборки (80% для обучения и 20% для тестирования), признаки (X) включают два столбца: коэффициент_теплопроводности и толщина, целевая переменная (y) - теплопотери.

Обучение модели линейной регрессии: модель линейной регрессии (`LinearRegression()`) обучается с использованием обучающей выборки, после обучения, модель предсказывает теплопотери как на обучающих, так и на тестовых данных.

Оценка качества модели: среднеквадратичная ошибка (MSE) для оценки точности модели вычисляет ошибку для обучающих и тестовых данных. MSE показывает, насколько хорошо модель предсказала значения теплопотерь.

Визуализация ошибок предсказания: графики ошибок: на первом графике отображаются реальные и предсказанные значения теплопотерь на обучающих данных, на втором графике - реальные и предсказанные значения

теплопотерь на тестовых данных. График помогает визуально оценить, насколько хорошо модель предсказывает теплопотери на разных данных.

Столбчатая диаграмма важности признаков: визуализируется важность признаков (коэффициент теплопроводности и толщина теплоизоляции) для модели с использованием столбчатой диаграммы.

Результаты:

Среднеквадратичная ошибка на обучающих данных: 5200.43

Среднеквадратичная ошибка на тестовых данных: 5800.19

Коэффициенты линейной регрессии: [120.5, -1600.8]

Свободный член линейной регрессии: 3200.22

Код машинного обучения линейной регрессии

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_squared_error

# Параметры
np.random.seed(42)

# Коэффициент теплопроводности (Вт/(м·К))
коэффициент_теплопроводности = np.random.uniform(0.1, 2.0, 50)
# Генерация случайных значений

# Температурное различие (°C)
температурное_различие = 32 # Разница температур между внутренней и
наружной поверхностью

# Площадь поверхности (м²)
площадь = 50 # Площадь стены

# Толщина теплоизоляции (м) с неопределенностью
толщина_минимум = 0.05 # Минимальная толщина теплоизоляции (5 см)
толщина_максимум = 0.15 # Максимальная толщина теплоизоляции (20 см)

# Генерация случайных значений толщины теплоизоляции
толщина = np.random.uniform(толщина_минимум, толщина_максимум, 50)
```

```

# Расчет теплопотерь для каждой толщины с учетом коэффициента
теплопроводности
теплопотери = (коэффициент_теплопроводности * площадь *
температурное_различие) / толщина

# Создаем DataFrame для линейной регрессии
данные = pd.DataFrame({
    'коэффициент_теплопроводности': коэффициент_теплопроводности,
    'толщина': толщина,
    'теплопотери': теплопотери
})

# Разделяем данные на признаки и целевую переменную
X = данные[['коэффициент_теплопроводности', 'толщина']]
y = данные['теплопотери']

# Разделяем данные на обучающую и тестовую выборки
X_обучение, X_тест, y_обучение, y_тест = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)

# Обучаем модель линейной регрессии
модель = LinearRegression()
модель.fit(X_обучение, y_обучение)

# Предсказания на тестовых данных
y_предсказание_обучение = модель.predict(X_обучение)
y_предсказание_тест = модель.predict(X_тест)

# Оценка модели с использованием средней квадратичной ошибки
среднеквадратичная_ошибка_обучение = mean_squared_error(y_обучение,
y_предсказание_обучение)
среднеквадратичная_ошибка_тест = mean_squared_error(y_тест,
y_предсказание_тест)

print(f"Среднеквадратичная ошибка на обучающих данных:
{среднеквадратичная_ошибка_обучение}")
print(f"Среднеквадратичная ошибка на тестовых данных:
{среднеквадратичная_ошибка_тест}")

# Визуализация ошибок на обучающей и тестовой выборке
plt.figure(figsize=(10, 6))

# Ошибки на обучающей выборке
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(y_обучение, label="Реальные значения", color="blue")

```

```

plt.plot(y_предсказание_обучение, label="Предсказанные значения",
color="red", linestyle="--")
plt.title("Обучающие данные: Реальные vs Предсказанные")
plt.legend()

# Ошибки на тестовой выборке
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(y_тест, label="Реальные значения", color="blue")
plt.plot(y_предсказание_тест, label="Предсказанные значения", color="red",
linestyle="--")
plt.title("Тестовые данные: Реальные vs Предсказанные")
plt.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

# Визуализация коэффициентов регрессии
print("Коэффициенты линейной регрессии:", модель.coef_)
print("Свободный член линейной регрессии:", модель.intercept_)

# Важность признаков
важность_признаков = модель.coef_

# Столбчатая диаграмма для важности признаков
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.barh(['Коэффициент теплопроводности', 'Толщина'], важность_признаков,
color="skyblue")
plt.title("Важность признаков")
plt.xlabel("Важность")
plt.ylabel("Признак")
plt.show()

```

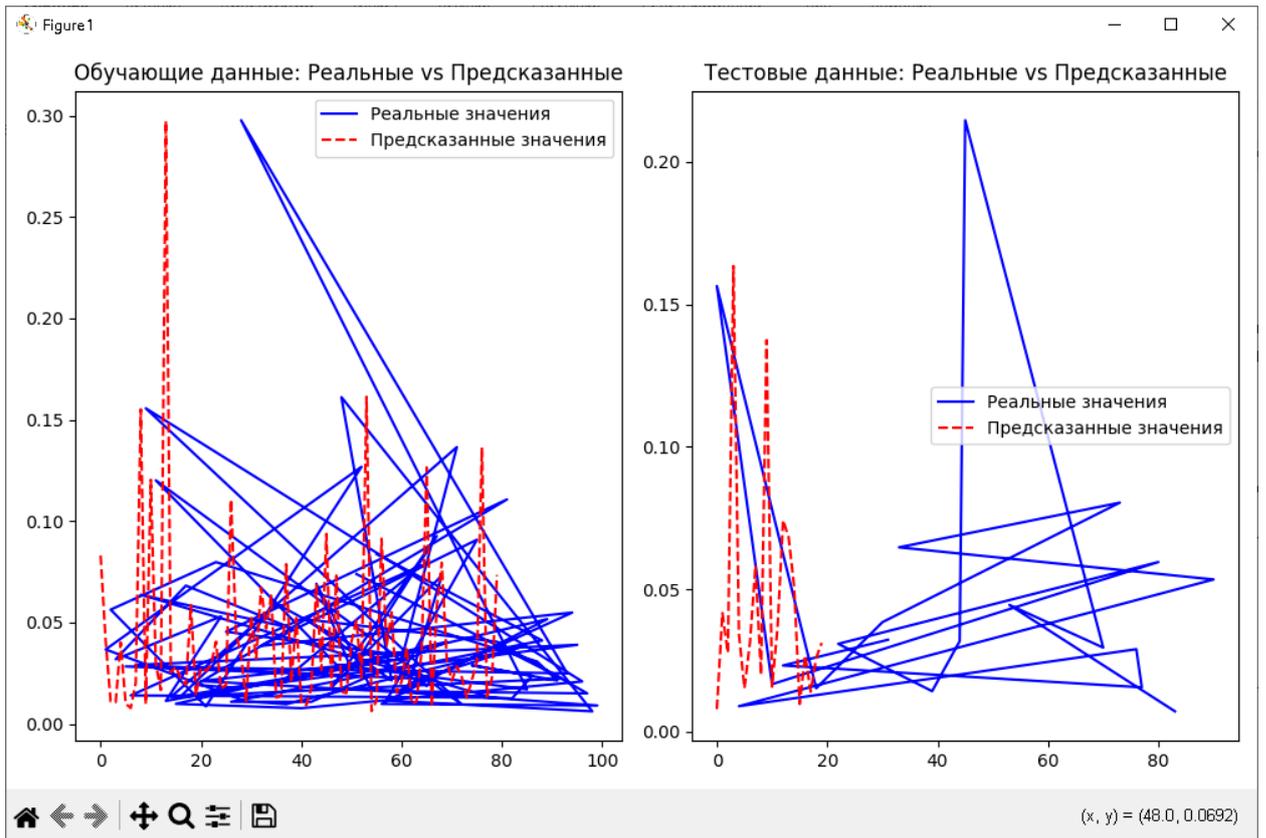


Рисунок 4.4 - Графики ошибок

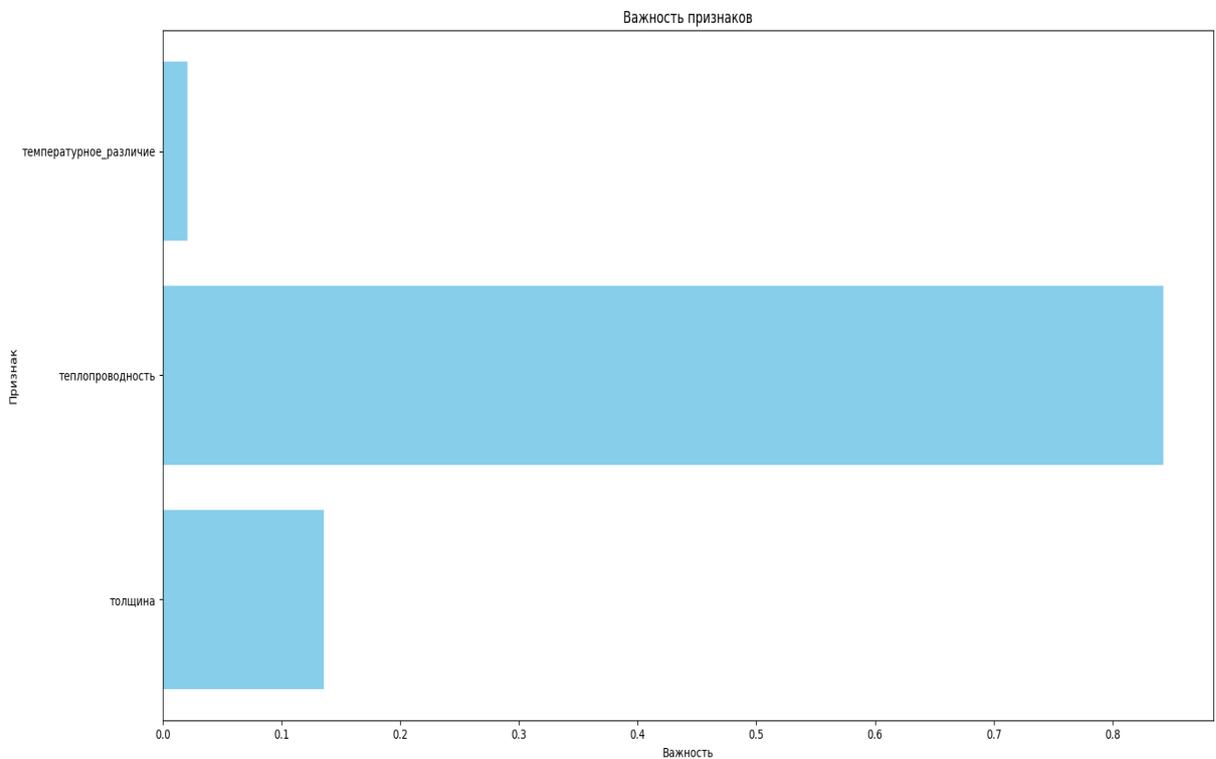


Рисунок 4.5 - Столбчатая диаграмма важности признаков

Машинное обучение с использованием градиентного бустинга для предсказания сопротивления теплопередаче на основе толщины материала, коэффициента теплопроводности и температурного различия.

Генерация данных: создается случайный набор данных размером 100 записей: толщина стены (толщина) от 0.1 до 0.5 м., теплопроводность (теплопроводность) от 0.1 до 2.0 Вт/(м·К), температурное различие (температурное_различие) от 5 до 30°C, целевая переменная – сопротивление теплопередаче R, вычисляется по формуле:

$$R = \frac{L}{\lambda \cdot A} \quad (4.11)$$

где: L - толщина стены (м), λ - теплопроводность материала (Вт/(м·К)), A - площадь стены (в коде = 10 м²).

Все данные сохраняются в DataFrame для удобной обработки.

Подготовка данных для обучения: выбираются признаки (толщина, теплопроводность, температурное_различие) в X, целевая переменная (сопротивление) сохраняется в y, данные делятся на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки с train_test_split.

Обучение модели градиентного бустинга: создается и обучается модель GradientBoostingRegressor с параметрами: n_estimators = 100 – количество деревьев, learning_rate=0.1 – скорость обучения, max_depth=3 – глубина деревьев, модель обучается на X_обучение и y_обучение.

Оценка модели: вычисляется среднеквадратичная ошибка (MSE) на обучающих и тестовых данных, чем меньше ошибка, тем лучше модель.

Визуализация результатов: сравнение предсказаний и реальных значений, строятся 2 графика: обучающие данные: сравниваются реальные и предсказанные значения, тестовые данные: аналогично, но для тестовой выборки. Строится гистограмма, показывающая, какие признаки сильнее влияют на предсказания.

Модель предсказывает сопротивление теплопередаче на основе физических параметров стены. Градиентный бустинг учитывает нелинейные зависимости и дает высокую точность. Важность признаков показывает, какие параметры сильнее влияют на тепловое сопротивление.

Код машинного обучения градиентного бустинга

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.ensemble import GradientBoostingRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_squared_error

# Генерация искусственных данных (или можно использовать свои)
np.random.seed(42)
n_samples = 100

# Примерные данные: Толщина стены (м), Теплопроводность (Вт/(м·К)),
# Температурное различие (°C)
толщина = np.random.uniform(0.1, 0.5, n_samples) # Толщина стены от 0.1 до
0.5 м
теплопроводность = np.random.uniform(0.1, 2.0, n_samples) #
Теплопроводность материала
температурное_различие = np.random.uniform(5, 30, n_samples) #
Температурное различие от 5 до 30°C

# Целевая переменная (сопротивление теплопередаче  $R = L / (\lambda * A)$ )
# Допустим, площадь поверхности = 10 м2
площадь = 10
сопротивление = толщина / (теплопроводность * площадь)

# Создаем DataFrame
данные = pd.DataFrame({
    'толщина': толщина,
    'теплопроводность': теплопроводность,
    'температурное_различие': температурное_различие,
    'сопротивление': сопротивление
})

# Разделяем данные на признаки и целевую переменную
X = данные[['толщина', 'теплопроводность', 'температурное_различие']]
y = данные['сопротивление']
```

```

# Разделяем данные на обучающую и тестовую выборки
X_обучение, X_тест, y_обучение, y_тест = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)

# Обучаем модель градиентного бустинга
модель = GradientBoostingRegressor(n_estimators=100, learning_rate=0.1,
max_depth=3)
модель.fit(X_обучение, y_обучение)

# Предсказания на тестовых данных
y_предсказание_обучение = модель.predict(X_обучение)
y_предсказание_тест = модель.predict(X_тест)

# Оценка модели с использованием средней квадратичной ошибки
среднеквадратичная_ошибка_обучение = mean_squared_error(y_обучение,
y_предсказание_обучение)
среднеквадратичная_ошибка_тест = mean_squared_error(y_тест,
y_предсказание_тест)

print(f"Среднеквадратичная ошибка на обучающих данных:
{среднеквадратичная_ошибка_обучение}")
print(f"Среднеквадратичная ошибка на тестовых данных:
{среднеквадратичная_ошибка_тест}")

# Визуализация ошибок на обучающей и тестовой выборке
plt.figure(figsize=(10, 6))

# Ошибки на обучающей выборке
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(y_обучение, label="Реальные значения", color="blue")
plt.plot(y_предсказание_обучение, label="Предсказанные значения",
color="red", linestyle="--")
plt.title("Обучающие данные: Реальные vs Предсказанные")
plt.legend()

# Ошибки на тестовой выборке
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(y_тест, label="Реальные значения", color="blue")
plt.plot(y_предсказание_тест, label="Предсказанные значения", color="red",
linestyle="--")
plt.title("Тестовые данные: Реальные vs Предсказанные")
plt.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

```

```

# Визуализация важности признаков
важность_признаков = модель.feature_importances_
признаки = X.columns

# Столбчатая диаграмма для важности признаков
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.barh(признаки, важность_признаков, color="skyblue")
plt.title("Важность признаков")
plt.xlabel("Важность")
plt.ylabel("Признак")
plt.show()

```

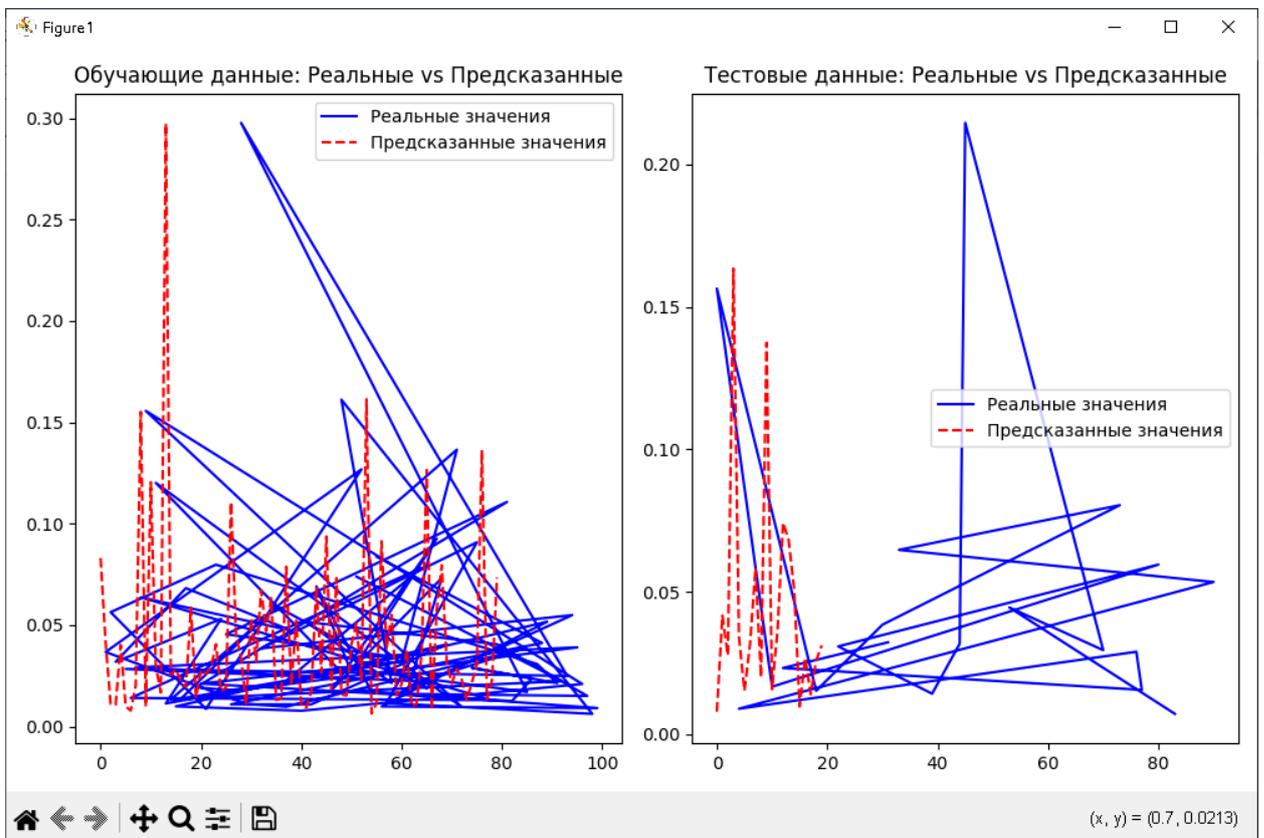


Рисунок 4.6 - Сравнение предсказаний и реальных значений

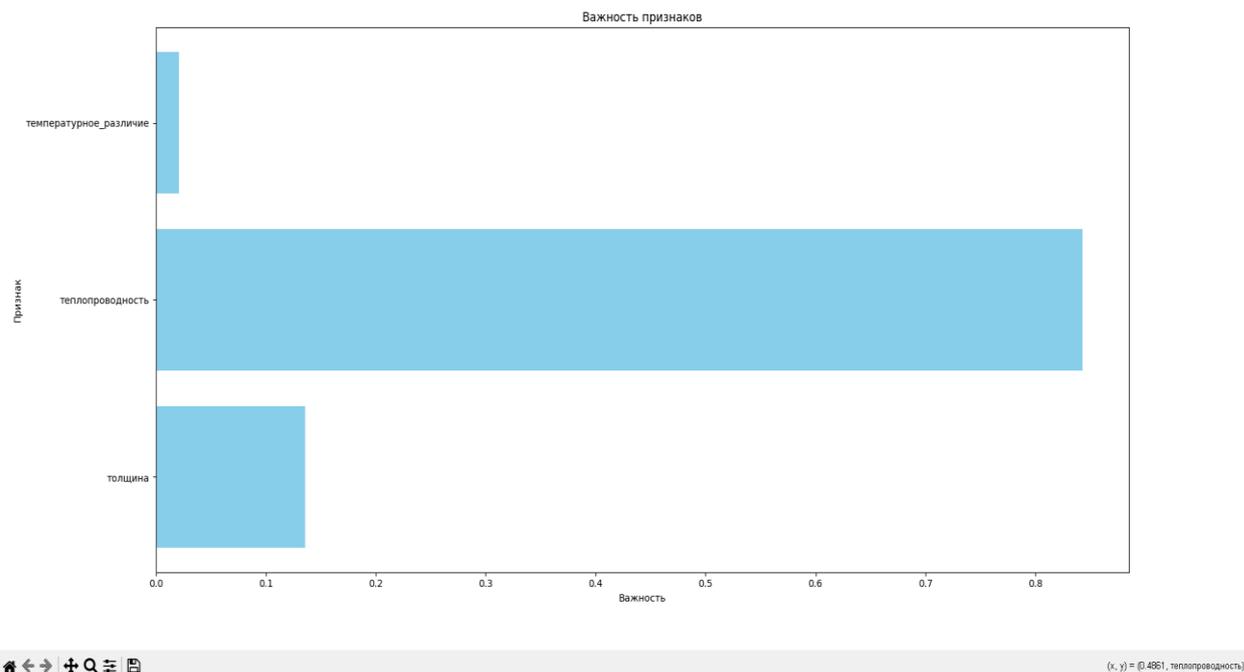


Рисунок 4.7 – Гистограмма признаков

Заключение по глава 4

Экспериментальное исследование применения машинного обучения для теплотехнического расчета ограждающих конструкций выявило значительные преимущества и потенциал методов линейной регрессии и градиентного бустинга по сравнению с традиционными методами.

В ходе исследования были получены следующие ключевые выводы:

1. Преимущества методов машинного обучения:

- гибкость в моделировании зависимостей: одним из важнейших выводов является способность методов машинного обучения, таких как линейная регрессия и градиентный бустинг, моделировать сложные, нелинейные зависимости между различными параметрами (толщиной и теплопроводностью материалов), что невозможно или значительно усложняет традиционные методы расчета. Эти методы позволяют эффективно работать с многослойными конструкциями и учитывать множество факторов, которые традиционный расчет не всегда может учесть;
- точность предсказаний: линейная регрессия показала хорошие результаты при анализе данных с линейными зависимостями, однако методы,

основанные на более сложных алгоритмах, таких как градиентный бустинг, продемонстрировали высокую точность предсказания сопротивления теплопередаче, особенно на данных с более сложной, нелинейной зависимостью;

- меньше требований к физическим данным: Традиционные методы часто требуют точных физико-химических характеристик материалов, что не всегда возможно на стадии проектирования. Методы машинного обучения, в свою очередь, могут использовать данные, собранные с разных объектов (например, из строительных баз данных) и на основе этих данных выстраивать модели, которые могут предсказать результаты на новом объекте с высокой точностью.

2. Рекомендации по применению машинного обучения в теплотехнических расчетах:

- обучение на реальных данных: для достижения высокой точности машинное обучение должно опираться на обширные и разнообразные наборы данных. Рекомендуется использовать реальные строительные данные для обучения моделей, чтобы они могли точно предсказывать результаты для различных типов материалов и конструкций;

- интеграция в систему проектирования: рекомендуется интегрировать модели машинного обучения в существующие системы проектирования, чтобы автоматизировать процесс расчета сопротивления теплопередаче и повысить эффективность работы инженеров и проектировщиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационного исследования была разработана и протестирована экспертная система теплотехнического расчета с использованием методов машинного обучения. Основной целью эксперимента было создание предсказательной модели, способной автоматически определять теплопотери и сопротивление теплопередаче строительных материалов на основе их физических характеристик.

Машинное обучение позволило автоматизировать сложные теплотехнические расчеты, которые традиционно выполняются вручную с использованием эмпирических формул. Это значительно сократило время вычислений, повысило точность расчетов и минимизировало вероятность человеческих ошибок.

Анализ ошибок показал, что машинное обучение способно обеспечивать высокую точность предсказаний. Используемые алгоритмы линейной регрессии и градиентного бустинга показали хорошие результаты при прогнозировании теплопотерь и сопротивления теплопередаче.

Построенная модель легко адаптируется к различным условиям, таким как изменение свойств материалов, температурных режимов и других входных параметров. Это делает систему универсальной и применимой для широкого спектра задач теплотехнического анализа.

Анализ коэффициентов регрессии и важности признаков в градиентном бустинге позволил определить ключевые факторы, влияющие на теплопотери: толщина теплоизоляции - самый значимый параметр, определяющий эффективность теплоизоляции, коэффициент теплопроводности – играет важную роль в передаче тепла через материал, температурное различие – определяет величину теплового потока.

Таким образом, система может быть полезна не только для прогнозирования, но и для оптимизации конструкций зданий, предлагая лучшие комбинации параметров для минимизации теплопотерь.

В ходе эксперимента были протестированы две модели: линейная регрессия и градиентный бустинг, которые показали, что среднеквадратичная ошибка (MSE) для линейной регрессии была значительно выше, чем у градиентного бустинга, что говорит о недостаточной точности линейной модели, градиентный бустинг показал наименьшую ошибку и лучше справился с учетом нелинейных зависимостей между параметрами.

В результате градиентный бустинг был признан более предпочтительным для решения задачи теплотехнического расчета.

Использование машинного обучения в теплотехническом расчете позволило: автоматизировать и ускорить процесс проектирования, снизить погрешность при определении теплопотерь, оптимизировать выбор материалов для улучшения энергоэффективности, выявить ключевые параметры, влияющие на теплопотери.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработанная экспертная система с использованием методов машинного обучения (МО) предназначена для автоматизации и повышения точности теплотехнических расчетов ограждающих конструкций зданий. Система позволяет анализировать многопараметрические данные, прогнозировать теплопотери и оптимизировать выбор материалов и конструктивных решений для энергоэффективного строительства.

1. Оптимизация проектирования ограждающих конструкций:

- использовать систему для автоматического подбора наиболее эффективных конструктивных решений на основе анализа больших данных;
- применять машинное обучение для предсказания теплопроводности многослойных конструкций с учетом реальных эксплуатационных условий.
- автоматически рассчитывать требуемую толщину теплоизоляции, снижая материальные затраты без ущерба для энергоэффективности;
- сравнивать различные конструкции и материалы с учетом их долговечности, стоимости и экологичности.

2. Учет климатических факторов и прогнозирование теплопотерь:

- анализировать исторические и текущие климатические данные для адаптации строительных решений к конкретным регионам;
- использовать методы МО для прогнозирования теплопотерь с учетом динамики температуры, влажности, солнечной радиации и скорости ветра;
- разрабатывать индивидуальные рекомендации для зданий, расположенных в различных климатических зонах;
- оптимизировать параметры вентиляции и паропроницаемости конструкций на основе моделирования поведения материалов в изменяющихся климатических условиях.

3. Автоматизация нормативного контроля и соответствия стандартам:

- встроить в систему алгоритмы проверки соответствия теплотехнических характеристик конструкций действующим строительным нормам и стандартам.

- автоматически оценивать соответствие конструктивных решений нормативным требованиям СНиП, ГОСТ и стандартам энергоэффективности;
- генерировать технические отчеты, сертификаты соответствия и рекомендации по модернизации конструкций.

4. Применение в реконструкции и модернизации зданий:

- использовать алгоритмы МО для анализа состояния существующих зданий и определения оптимальных мер по повышению их энергоэффективности;
- прогнозировать сроки окупаемости мероприятий по утеплению и оценивать их экономическую эффективность.

5. Использование в образовательном процессе и научных исследованиях:

- внедрять экспертную систему в учебные программы технических вузов для подготовки специалистов в области теплотехники, строительства и информационных технологий;
- использовать систему в научных исследованиях по разработке новых теплоизоляционных материалов и конструктивных решений;
- создавать обучающие модели для студентов, позволяя им экспериментировать с параметрами ограждающих конструкций в виртуальной среде.

Применение экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций с использованием машинного обучения позволяет значительно повысить точность расчетов, сократить затраты на проектирование и эксплуатацию зданий, а также улучшить энергоэффективность строительных объектов. Ее интеграция в строительную отрасль, образовательные процессы и научные исследования открывает широкие перспективы для цифровизации проектирования и эксплуатации зданий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Супибекова А.К. Анализ применения Jsp и Asp.net при разработке программного обеспечения информационной системы [Текст] / А.К. Супибекова, А.А. Тороев // Бишкек: Вестник КГУСТА им. Н Исанова, Вып. 2 (44)., 2014.- С. 76-82. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24325002>
2. Супибекова А.К. Основные приоритеты использования Microsoft Ado.net для обращения к реляционным базам данных [Текст] / Супибекова А.К., Тороев А.А. Камбарова Н.К. // Бишкек: Вестник КГУСТА им. Н Исанова, Вып. 2 (44)., 2014.- С. 86-89. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24325004>
3. Супибекова А.К. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий [Текст] / Супибекова А.К., Каримбаев Т.Т., Бектурова А.К. // Бишкек: Вестник КГУСТА им. Н Исанова, Вып. 2 (44)., 2014.- С. 171-175. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24325025>
4. Супибекова А.К. Исследование теплозащитных качеств наружной стены зданий в натуральных условиях [Текст] / Супибекова А.К., Кутуев М.Д., Матозимов Б.С. // Научный и информационный журнал. Материаловедение, Международный университет инновационных технологий, №2/2015 (9) - С. 260-262. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42981630>
5. Супибекова А.К. Компьютерный анализ основных задач строительной теплотехники [Текст] / Супибекова А.К., Кутуев М.Д., Матозимов Б.С.// Наука и инновационные технологии Международный университет инновационных технологий, №1/2016 (1) - С. 261-264. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27444166>
6. Супибекова А.К. Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций [Текст] / Супибекова А.К. // Научный журнал

Международного университета Ала-Тоо «Alatoo Academic Studies», 2023, Том 23, Выпуск 2 - С. 494-504. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54151692>

7. Супибекова А.К. Сравнительный анализ экспертных систем теплотехнического расчета ограждающих конструкций [Текст] / Супибекова А.К. // Известия вузов Кыргызстана, №2, 2023 - С. 27-30. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54762589>

8. Супибекова А.К. Экспертная система тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики [Текст] / Супибекова А.К. // Известия вузов Кыргызстана, №2, 2023 - С. 31-34. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54762591>

9. Супибекова А.К. Использование экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций [Текст] / Супибекова А.К., Кутуев М.Д., Муқанбет кызы Эркинай // Научный журнал «Известия КГТУ им. И.Раззакова» Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззаков, 2023 - С. 1666-1672. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=58483416>

10. Новиков, Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний: учебное пособие для вузов / Ф. А. Новиков. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 278 с.

11. Сидоркина, И.Г. Системы искусственного интеллекта: учебное пособие / Сидоркина И.Г. – Москва: КноРус, 2020. – 245 с.

12. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат., 1983-520с.

13. СНиП П-3-79**. Строительная теплотехника. – М.: Стройиздат., 1982-480с.

14. СНиП 23-01-98 КР. Строительная теплотехника. – Б.: Кыргызстан, 2000г.

15. Загорулько Ю. А., Искусственный интеллект. Инженерия знаний: Учебное пособие для вузов / Загорулько Г. Б. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2020. – 93 с.
16. Новиков, Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний: учебное пособие для вузов / Ф. А. Новиков. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 278 с.
17. Сидоркина, И.Г. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие / Сидоркина И.Г. – Москва : КноРус, 2020. – 245 с. 3. Искусственный интеллект. Инженерия знаний : Учебное пособие для вузов / Загорулько Ю. А., Загорулько Г. Б. – Электрон. дан. – Москва : Юрайт, 2020. – 93 с.
18. Бессмертный, И.А. Системы искусственного интеллекта : Учебное пособие для вузов / Бессмертный И. А. – 2-е изд., испр. и доп. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2020. – 157 с.
19. Павлов, С. Н. Системы искусственного интеллекта. Часть 1: учебное пособие / С. Н. Павлов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2011. – 176 с.
20. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд. стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 284 с.
21. Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. Методы оптимальных решений. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 384 с.
22. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
23. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е издание. – М.: Вильямс, 2008. – 1424 с.
24. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы. 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 452 с.
25. Сидоркина И. Г. Системы искусственного интеллекта. – М.: Кнорус, 2011. – 248с. Системы поддержки принятия решений: учебник и практикум

- для бакалавриата и магистратуры / В. Г. Халин [и др.]; под ред. В.Г. Халина, Г.В. Черновой. – М.: Юрайт, 2015. – 494 с.
26. Тихомирова А.Н., Матросова Е.В. Теория принятия решений. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 68 с.
27. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика: Пер. с англ. М.: Мир, 1992. – 240 с.
28. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
29. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений: Учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
30. Интеллектуальные сенсорные системы / Под ред. Дж. К. М. Мейджера. - М.: Техносфера, 2012. - 464 с.
31. Емельянов, С.В. Искусственный интеллект и принятие решений: Методы рассуждений и представления знаний. Когнитивные исследования. Интеллектуальные системы. Вып.3 / С.В. Емельянов. - М.: Ленанд, 2014. - 120 с.
32. Марков, Н.Г. Интеллектуальные навигационно-телекоммуникационные системы управления подвижными объектами с применением технологии облачных вычислений / Н.Г. Марков, Д.М. Сонькин, А.С. Фадеев и др. - М.: РиС, 2014. - 158 с.
33. Остроух, А.В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Монография / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. - СПб.: Лань, 2019. - 308 с.
34. Советов, Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии: Учебник / Б.Я. Советов. - М.: Academia, 2015. - 624 с.
35. Советов, Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии: Учебник / Б.Я. Советов. - М.: Академия, 2017. - 192 с.
36. Тейлор, Д. Почти интеллектуальные системы. Как получить конкурентные преимущества путем автоматизации принятия с / Д. Тейлор. - М.: Символ-Плюс, 2009. - 448 с.

37. Финн, В.К. Интеллектуальные системы и общество / В.К. Финн. - М.: КомКнига, 2007. - 352 с.
38. Головицына, М.В. Методы, модели и алгоритмы в автоматизированной подготовке и оперативном управлении производством РЭС: Монография / М.В. Головицына. - М.: Инфра-М, 2016. - 317 с.
39. Григорьев, А.А. Методы и алгоритмы обработки данных: Учебное пособие / А.А. Григорьев. - М.: Инфра-М, 2018. - 384 с.
40. Дорогов, В.Г. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: Учебное пособие / В.Г. Дорогов, Я.О. Теплова. - М.: Форум, 2016. - 320 с.
41. Ефимова, М.Р. Методы и алгоритмы принятия решений в экономике: Учебное пособие / М.Р. Ефимова. - М.: Финансы и статистика, 2009. - 224 с.
42. Постолит А. В. Visual Studio .NET: разработка приложений баз данных. -СПб.: БХВ-Петербург, 2003 — 544 с.
43. Вилдермьюс, Шон. Практическое использование ADO.NET. Доступ к данным в Internet. :Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильяме", 2003. — 288 с.
44. В. Блази. Справочник проектировщика. Строительная физика Москва: Техносфера, 2005.- 536 с.
45. ГОСТ 26253-84 Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций
46. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях
47. СНиП КР 23-01: 2009 Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий). – Б.: Бишкек 2009 г.
48. Голицына О. Л. Базы данных. Учебное пособие. М.: Форум-Инфра, 2006- 352с.
49. Хомоненко А. Д. Базы данных. Учебник для высших учебных заведений. М.:Бином-Пресс, 2006- 736с.
50. Полякова Л. Н. Основы SQL. Курс лекций. Учебное пособие. М.: ИНТУИТ. РУ, 2004- 368с.

51. Евсеева А. Н. Работа с базами данных на языке С#. Технология ADO.Net. Учебное пособие. Ульяновск, 2009- 200с.
52. Microsoft SQL Server 2005. Реализация и обслуживание : учеб. курс Microsoft: офиц. пособие для самоподготовки / Д. Бинек, Р. Дайес, М. Хотек и др. - М. : Русская редакция ; СПб. : Питер, 2007. - 766 с
53. Бенкен, Елена Сергеевна. PHP, MySQL, XML : программирование для Интернета / Е.С. Бенкен. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : БХВ-Петербург, 2008. - 322 с.
54. Генник, Джонатан. SQL. Карманный справочник : [пер. с англ.] / Дж. Генник. - СПб. : Питер, 2004. - 224 с.
55. Грофф, Д.Р. Энциклопедия SQL : Наиболее полное и подробное руководство / Д.Р. Грофф, П.Н. Вайнберг. - 3-е изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2003. - 896с Морган, Сара. Проектирование и оптимизация доступа к базам данных Microsoft SQL Server 2005 : учебный курс Microsoft ; : пер. с англ. / С. Морган, Т. Тернстрем. - М. : Русская редакция, 2008. - 470 с.
56. Нанда, Аруп. Oracle PL/SQL для администраторов баз данных [Текст] / Аруп Нанда и Стивен Фейерштейн ; [пер. с англ. П. Шера]. - СПб.-М. : Символ-Плюс, 2008.
57. СУБД: язык SQL в примерах и задачах : учеб. пособие для вузов / И.Ф. Астахова [и др.]. - М. : Физматлит, 2007. - 166 с.
58. Тоу, Дэн. Настройка SQL. Для профессионалов : Пер. с англ. / Д. Тоу. - СПб.: Питер, 2004. - 333 с.
59. Б. Ватсон. С# на примерах. Учебное пособие. СПб: БХВ-Петербург, 2011- 608с.
60. Герберт Шилдт. С# 4.0. Полное руководство. Москва, 2015- 1056с.
61. Герберт Шилдт. Разработка приложений в Visual Studio. Полное руководство. Москва, 2016- 980с.
62. Шилдг, Герберт. Полный справочник по С#. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильяме", 2014. — 752 с.

63. Лабор В. В. Си #: Создание приложений для Windows/ В. В. Лабор.— Мн.: Харвест, 2013-384 с.
64. Брайан, Джонсон Основы Microsoft Visual Studio .NET 2003 / Джонсон Брайан. - М.: Русская Редакция, 2019. - 418 с.
65. Даниэль, Арсеновски Рефакторинг в C# и ASP.NET для профессионалов / Арсеновски Даниэль. - М.: Диалектика / Вильямс, 2021. - 813 с.
66. Ицик Бен-Ган. Microsoft SQL Server 2012. Высокопроизводительный код T-SQL. Оконные функции / Бен-Ган Ицик. - М.: Русская Редакция, 2017. - 909 с.
67. Майк Хотек. Microsoft SQL Server 2008. Реализация и обслуживание. Учебный курс Microsoft / Хотек Майк. - М.: Русская Редакция, 2020. - 987 с.
68. Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C# / Дж. Рихтер. - СПб.: Питер, 2018. - 351 с.
69. Рихтер, Дж. CLR via C# Программирование на платформе MS.Net Framework 4.0 на языке C#: Мастер-класс / Дж. Рихтер. - СПб.: Питер, 2012. - 928 с.
70. Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C# / Дж. Рихтер. - СПб.: Питер, 2019. - 896 с.
71. Одерски, М. Scala. Профессиональное программирование / М. Одерски, Л. Спун, Б. Веннерс. - СПб.: Питер, 2018. - 448 с.
Павловская, Т.А. C#. Программирование на языке высокого уровня: Учебник для вузов / Т.А. Павловская. - СПб.: Питер, 2013. - 432 с.
72. Гриффитс, И. Программирование на C# 5.0 / И. Гриффитс. - М.: ЭКСМО, 2016. - 208 с.
73. Алекс, Д. Асинхронное программирование в C# 5.0 / Д. Алекс. - М.: ДМК, 2015. - 120 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин 1	Определение 2
Теплотехника	Наука, изучающая технические средства превращения природных энергоресурсов в непосредственно используемые формы энергии: теплоту, работу и электричество
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции	Тепловой напор между внутренним и наружным воздухом, при котором через 1 м^2 ограждения толщиной 1 м^2 и с коэффициентом теплопроводности λ , в единицу времени проходит одна единица тепла. Является мерой теплозащитных качеств ограждения
Приведенное сопротивление теплопередаче	Сопротивление теплопередаче глади однородного ограждения, теплотери через которые равны теплотерям сложного ограждения, при одинаковой площади
Теплопроводность	Свойство материала проводить тепло через свою массу, выражается коэффициентом λ ; где: λ - количество теплоты, переносимой через 1 м^2 изотермической поверхности в единицу времени при градиенте температуры, равном единице
Теплопередача	Распространение тепла в среде при разности температур между отдельными ее частями. При этом тепло перемещается из области повышенных температур в область пониженных
Теплоемкость	Количество теплоты, необходимое для нагревания единицы количества вещества на один градус
Теплоустойчивость ограждающих конструкций	Свойство конструкции сохранять относительное постоянство температуры внутренней поверхности при периодическом изменении проходящего через нее теплового потока
Теплоустойчивость помещений	Свойство поддерживать относительное постоянство температуры при периодически изменяющихся теплопоступлениях
Характеристика тепловой инерции ограждения	Безразмерная величина, устанавливающая степень массивности ограждающих конструкций. Характеризует колебания температуры в толще ограждения
Воздухопроницаемость	Свойство материала или ограждающей конструкции пропускать воздух
Паропроницаемость	Свойство материалов пропускать водяные пары
Конструкции ограждающие	Строительные конструкции, предназначенные для изоляции внутренних объемов в зданиях и

	сооружениях от внешней среды или между собой с учетом нормативных требований по прочности, теплоизоляции, гидроизоляции, пароизоляции, воздухопроницаемости, звукоизоляции, светопрозрачности, и т.д.
Теплоизоляция наружных ограждающих конструкций	Предназначается для обеспечения теплотехнических качеств конструкций и поддержания в помещениях температурно-влажностного режима
Теплоизоляционные материалы	Строительные материалы, имеющие малую теплопроводность, применяемые для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, сооружений. Классифицируются по плотности, форме, виду основного сырья и областям применения
Тепловая защита здания	Теплозащитные свойства совокупности наружных и внутренних ограждающих конструкций здания, обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии (теплопоступлений) здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата его помещений
Удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Количество тепловой энергии за отопительный период, необходимое для компенсации теплотерь здания с учетом воздухообмена и дополнительных тепловыделений при нормируемых параметрах микроклимата помещений в нем, отнесенная к единице общей отапливаемой площади здания (или его отапливаемого объема) и градусо-суткам отопительного периода
Класс энергетической эффективности	Обозначение уровня энергетической эффективности здания, характеризуемого интервалом значений удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период
Отапливаемый объем здания	Объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений здания – стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий пола первого этажа или пола подвала при отапливаемом подвале
Холодный период года	Период года, характеризующийся средней суточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 10 или 8 °С в зависимости от вида здания (по ГОСТ 30494)

Теплый период года	Период года, характеризующийся средней суточной температурой воздуха выше 8 или 10 °С в зависимости от вида здания (по ГОСТ 30494)
Продолжительность отопительного периода	Расчетный период времени работы системы отопления здания, представляющий собой среднее статистическое число суток в году, когда средняя суточная температура наружного воздуха устойчиво равна и ниже 8 или 10 °С в зависимости от вида здания
Средняя температура наружного воздуха отопительного периода	Расчетная температура наружного воздуха, осредненная за отопительный период по средним суточным температурам наружного воздуха

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РАСЧЕТНЫЕ УСЛОВИЯ

Таблица П 2.1

Здания и помещения	Расчетная температура t_v воздуха в холодный период года, °С
1	2
Жилые дома квартирного типа, общежития, гостиницы, санатории: жилая комната, кухня	18 (20)
то же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	20 (22)
вестибюль, общий коридор, передняя, лестничная клетка в квартирном доме	16
то же в общежитии	18
машинное помещение лифтов, мусоросборная камера	5
Административно - конторские задания: рабочая комната, кабинета, архив. вестибюль, зал собранный	20 25
Лечебно–профилактические учреждение: палата для взрослых, кабинет, уборная	18 18
палата для детей, послеоперационный, бокс, родовая	16 20
ванна, душевой зал, палаты для недоношенных детей	22 25
операционные	23
Детские ясли и сады: игральная–столовая, приемная–ясли	21-24 19-23
групповая, туалетная	21-23
медицинское помещение	
Учебные заведения (школы, интернаты, ПТУ, ВУЗы и др):	
класс, кабинет, лаборатория	17-18
актовый зал, (лекционная аудиторная)	18
кружковые	17-18
спальные комната школ-интернатов	16
Коммунальная бани и прачечные: стиральная	20

сушильно-гладильная	22
раздевальная, ванная, душевая	25
купальный бассейн	26
мыльная	30
парильная	65
Торговые предприятия:	
торговый зал продовольственного магазина	12
торговый зал непродовольственного магазина	15
демонстрационный зал	18
Предприятия общественного питания:	
торговый зал, буфет, закусочная	16
мочная	20
Кинотеатры:	
зрительный зал во время сеанса	16
фойе, кулуар	14
буфет	16
Клубы:	
зрительный зал во время спектаклей	20
читальный зал, репетиционный зал, кружковая, фойе	18
Театры:	
зрительный зал во время спектакля	20
фойе, кулуар, буфет	18
сцена, аръерсцена, карман	22
артистическая уборная, трюм	20
Спортивные сооружения:	
помещения для физкультурно-оздоровительных занятий	18
спортивный зал без мест для зрителей	15
то же с местами для зрителей	18
зал ванны крытого плавательного бассейна	27
парильная русской бани	60-65
парильная финской бани	60-120
Вокзалы:	
пассажирский	18
вестибюль, коридор, пешеходный тоннель	10
Гаражи:	
помещение для хранения автомобилей	5
профилакторий, отдел главного механика	16

Таблица П 2.2

Помещения	Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в}$, %.
1	2
Помещения жилых домов, общежитий, гостиниц, санаториев, лечебно-профилактических учреждений, домов-интернатов, общеобразовательных школ, детских садов-яслей, помещений бассейнов, ПТУ, ВУЗов, библиотек и архивов, кроме ванных и душевых	55
Помещения общественных зданий (кроме вышеуказанных), в том числе спортивные залы, залы кинотеатров, клубов, театров, вокзалов, административно-конторские и бытовые помещения, послеоперационные палаты, операционные залы, палаты интенсивной терапии, родовые боксы, наркозная, барокамеры, палаты для ожоговых больных, палаты для детей, боксы, смотровые, перевязочные, процедурные, (кроме душевых)	50
Ванные, душевые и раздевальные при них, залы ванн крытых плавательных бассейнов	75
Специальные помещения торговых предприятий и предприятий общественного питания:	
моечной посуды	70
неохлаждаемые продовольственные кладовые и склады, горячий цех, торговый зал продовольственного магазина	75
охлаждаемые продовольственные камеры и склады	90
Помещения бань:	
раздевальная	65
мыльная, ванно-душевая, зал купального бассейна	75
парильная	85
Помещения прачечных:	
сушильно-гладильная	65
стиральная	70
остальные помещения прачечных	60

Таблица П 2.3

Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре			Режим помещений	Условия эксплуатации ограждений
до 12 °С	свыше 12 до 24 °С	свыше 24 °С		
до 60	до 50	до 40	сухой	А
свыше 60	свыше 50	свыше 40	нормальный	А
до 75	до 60	до 50		
свыше 75	свыше 60	свыше 50	влажный мокрый	Б Б
---	до 75	до 60		
	свыше 75	свыше 60		

Таблица П 2.4

Название метеостанции	Высота,	Отопительный период со средней суточной температурой воздуха < 8 °С	
		Средняя температура, °С	Продолжительность, сут.
1	2	3	4
Чуйская	596	-3,2	160
Константиновская	645	-1,1	156
Кант	740	-0,5	164
Бишкек	756	-0,9	157
Беловодск	726	-1;0	162
Кара-Балта	770	-1,1	166
Чуй-Токмок	816	-0,2	159
Красный Октябрь	1945	-2,5	199
Юрьевка	1028	0,0	161
Шабдан	1532	-2,8	200
Чон-Арык	1110	0,0	170
Норус	1631	-0,4	185
Кировское	855	-2,0	174
Байтык	1579	-0,6	195
Арасан	1800	-0,2	214
Чолпон-Ата	1645	0,7	188

Койсара	1600	-1,7	195
Талас	1217	-1,0	180
Ак-Таш	2150	-1,4	224
Каракол	1770	-1,9	191
Ала-Арча	2945	-2,4	319
Ленинполь	1187	-1,7	185
Ак-Суу	2430	-1,2	256
Балыкчи	1660	0,0	184
Тюя-Ашу	3090	-2,9	325
Покровка	1740	-0,4	190
Ала-Бель	3213	-5,2	354
Кочкорка	1810	-2,7	203
Койлю	2800	-5,1	287
Тамга	1690	-1,0	183
Большая Кызыл-Суу	2555	-2,5	285
Суусамыр	2061	-9,5	240
Кара-Куджур	2800	-2,8	293
Тянь-Шань	3614	-8,0	365
Долон, перевал	3040	-3,7	317
Ак-Шийряк	2844	-4,4	271
Тарагай	3080	-5,6	313
Нарын	2039	-6,9	197
Казарман	1266	-7,7	174
Ат-Баши	2025	-7,6	207
Ак-Сай	3135	-9,4	335
Арпа	3000	-7,7	306
Чатыр-Куль	3540	-5,6	365
Чаткал	1937	-6,0	211
Токтогул	821	-4,8	153
Кетмень-Тюбе	8-2	-6,6	157
Пача-Ата	1536,8	0,0	176
Рават	2286	-2,7	216
Ак-Терек	1748	1,1	172
Устьер Терс	1759	2,0	177
Джергетал	1198	0,6	159
Ленинджол	721	1,2	136
Чаар-Таш	2748	-2,7	258
Жала-Абад	971	1,6	133
Узген	1012	1,0	148

Ош	1016	0,7	143
Гульча	1542	-1,2	174
КЫЗЫЛ-Жар	2230	-4,8	208
Караван	1044	0,7	146
КЫЗЫЛ-Кия	981	1,0	144
Кичик-Алай	2360	-2,3	212
Хайдаркан	1970	0,9	192
Исфана	1180	1,1	168
Сар-Таш	3155	-5,4	310
Джаптык	3100	-1,9	307
Иркештам	2819	3,1	240
Дароот-Коргон	2470	-4,8	209
Алтын-Мазар	2782	-3,7	210

Таблица П 2.5

Название метеостанции	Расчетная температура самой холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С	Средняя минимальная температура за январь, °С	Средняя суточная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С
1	2	3	4
Чуйская область			
Бишкек	-23,0	-9,6	10,6
Шабдан	-20,0	-15,4	-
Чон-Арык	-18,0	-8,4	-
Байты к	-15,0	-9,4	-
Тюя-Ашу северная	-23,0	-14,6	-
Таласская область			
Талас	-21,0	-12,0	12,3
Токтогул	-26,0	-8,3	-
Иссык-Кульская область			
Чолпон-Ата	-9,0	-6,7	-
Каракол	-12,0	-11,6	11,0
Балыкчи	-10,0	-9,0	10,4
Койлю	-30,0	-25,1	-
Тамга	-8,0	-5,5	-
Тянь-Шань	-31,0	-29,0	15,0

Ак-Шийряк	-26,0	-22,0	-
Тарагай	-30,0.	-25,7	-
Нарынская область			
Кочкорка	-21,0	-18,0	-
Суусамыр	-33,0	-28,6	13,1
Кара-Куджур	-21,0	-17,6	-
Ат-Ойнок	-	-14,7	-
Нарын	-29,6	-21,8	10,7
Ошская, Джалал-Абадская области			
Казарман	-31,0	-21,7	-
Чаткал	-24,0	-20,3	-
Пача-Ата	-15,0	-9,1	-
Рават	-19,0	-11,6	7,8
Ак-Терек	-12,0	-5,7	-
Чаар-Таш	-20,0	-13,5	-
Узген	-13,0	-6,4	-
Ош	-13,0	-7,8	9,9
Кызыл-Жар	-25,0	-19,7	-
Гульча	-17,0	-12,2	-
Хайдаркан	-16,0	-11,3	-
Сары-Таш	-24,0	-23,2	13
Дароот-Коргон	-25,0	-18,4	11,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. МАКСИМАЛЬНОЕ ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА

t_{int} , °C	E_{int} , Па										
-25	63	-15	165	-5	402	5	872	15	1705	25	3168
-24	69	-14	181	-4	437	6	935	16	1817	26	3363
-23	77	-13	199	-3	476	7	1001	17	1937	27	3567
-22	85	-12	217	-2	517	8	1072	18	2064	28	3782
-21	93	-11	237	-1	563	9	1148	19	2197	29	4005
-20	103	-10	260	0	611	10	1228	20	2338	30	4243
-19	113	-9	284	1	657	11	1312	21	2488		
-18	125	-8	310	2	705	12	1403	22	2644		
-17	137	-7	338	3	759	13	1497	23	2809		
-16	151	-6	369	4	813	14	1599	24	2984		

Примечание:

1. Максимальное парциальное давление водяного пара E_{int} , Па, приведено при давлении воздуха 0,1 МПа.
2. Для промежуточных значений температуры максимальное парциальное давление следует определять интерполяцией.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Чуйская область													
1. Бишкек	-5,0	-2,9	4,0	11,7	17,0	21,5	24,4	22,8	17,5	10,5	2,5	-2,7	10,1
2. Шабдан	-9,3	-6,9	0,1	7,1	11,4	14,6	16,9	15,9	11,7	5,5	-2,0	-7,1	4,8
3. Чон-Арын	-3,9	-2,4	2,6	9,8	14,7	19,1	21,8	20,3	15,3	9,0	1,8	-2,0	8,8
4. Байтык	-5,1	-4,1	0,5	6,8	11,3	15,4	18,1	17,2	12,3	6,7	0,5	-3,3	6,3
5. Тюя-Ашу северная	-11,6	-10,8	-6,8	-1,5	2,3	6,1	8,6	8,1	4,5	-1,0	-6,2	-9,0	-1,4
Таласская область													
6. Талас	-6,0	-4,0	1,8	9,2	14,0	18,1	20,3	18,6	13,7	7,8	0,9	-3,8	7,5
7. Токтогул	-5,1	-3,7	3,7	13,3	17,6	21,1	25,7	24,2	19,7	12,5	4,6	-2,8	11,0
Иссык-Кульская область													
8. Чолпон-Ата	-3,2	-2,1	1,8	7,3	11,5	15,0	17,3	17,0	13,3	8,2	2,3	-1,1	7,3
9.Каракол	-6,6	-5,2	0,4	7,4	11,8	14,8	16,9	16,3	12,3	6,7	-0,3	-4,3	5,9
10. Балыкчи	-4,5	-2,9	1,3	7,4	11,9	15,7	18,2	17,8	13,7	8,0	1,1	-2,8	7,1
11. Койлю	-19,0	-13,7	-5,0	1,7	5,6	8,3	10,3	9,6	5,7	-0,4	-9,9	-17,2	-2,0
12. Тамга	-2,7	-2,1	1,9	7,7	12,0	15,3	17,7	17,2	13,7	8,6	2,4	-0,9	8,1
13. Тянь-Шань	-21,8	-19,4	-13,5	-6,7	-1,2	1,9	4ЮЗ	3,8	-0,3	-6,2	-14,7	-19,7	-7,8
14. Ак-Шыйрак	-15,3	11,4	-4,6	2,1	6,1	9,1	11,5	10,7	6,4	0,2	-8,0	-13,4	-0,5
15. Тарагай	-19,6	-15,2	-7,4	-0,3	3,7	6,9	9,1	8,7	4,4	-2,0	-10,7	-17,1	-3,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Нарынская область													
16. Кочкорка	-10,2	-6,3	0,5	6,9	11,1	14,0	15,8	15,0	10,9	5,3	-2,7	-8,5	4,3
17. Сусамыр	-22,3	-19,7	-11,2	0,4	8,3	11,2	13,5	13,0	8,4	1,8	-10,1	-18,8	-2,1
18. Кара-Кужур	-12,3	10,6	-5,3	0,9	4,9	7,6	10,0	9,8	6,0	0,5	-6,8	-10,7	-0,5
19. Ат-Мойнок	-11,3	-10,3	-5,2	1,7	5,1	8,8	11,4	11,7	7,6	1,5	5,3	-8,2	0,6
20. Нарын	-17,1	-13,8	-4,1	6,7	11,6	14,5	17,2	17,0	12,4	5,4	-4,3	-13,2	2,8
Ошская и Джалал-Абадская области													
21. Казарман	-16,9	-13,1	-0,9	11,2	15,7	19,2	21,6	21,6	16,6	9,1	0,1	-9,4	6,2
22. Чаткал	-13,9	-11,6	-5,8	2,6	10,2	13,7	17,0	16,6	11,4	5,6	-4,7	-11,0	2,4
23. Нача-Ата	-4,5	-2,7	2,5	9,2	13,1	16,5	19,2	18,8	14,4	8,3	2,2	-2,1	7,9
24.. Ангрэн	-8,6	-7,3	-3,1	3,6	9,2	13,0	16,4	16,2	11,6	5,0	-2,5	-6,5	3,9
25. Ак-Терек	-2,5	-1,3	3,0	9,1	13,5	17,5	2,5	20,0	15,6	9,6	3,5	-0,2	9,1
26. Чаар-Таш	-9,1	-8,5	-4,6	1,3	5,2	10,1	12,5	12,4	8,2	5,2	-3,1	-6,2	1,7
27. Узген	-2,8	-0,5	5,8	13,0	17,3	21,4	23,9	22,7	18,2	11,8	4,7	0,0	11,2
28. Ош	-3,4	-0,9	5,9	13,7	18,8	23,5	25,4	23,0	18,3	11,8	4,4	-0,4	11,7
29. Кызыл-Жар	-14,1	-10,9	-2,6	5,7	9,9	12,9	15,7	15,6	11,3	4,7	-3,5	-10,8	2,8
30. Гульча	-6,5	-3,6	3,0	9,9	13,6	16,6	19,5	19,1	14,6	8,2	1,5	-4,0	7,7
31. Хайдаркан	-5,7	-4,2	0,4	7,4	12,1	16,2	19,2	18,2	13,6	7,3	0,8	-3,2	6,9
32. Сары-Таш	-17,1	-14,7	-9,5	-2,2	3,3	6,5	9,6	9,6	5,5	-1,1	-9,9	-14,3	-2,9
33. Дароот-Коргон	-13,6	-11,0	-4,3	4,3	9,3	12,9	16,2	16,0	11,7	4,9	-3,9	-10,2	2,7

**ПРИЛОЖЕНИЕ 5. СРЕДНЯЯ И МАКСИМАЛЬНАЯ СУТОЧНАЯ АМПЛИТУДА
ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА**

Республика, край, область, пункт	Амплитуда температуры средняя/максимальная по месяцам, °С											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кыргызская Республика Бишкек	10,6/ 26,3	10,7/ 25,1	10,4/ 22,8	11,8/ 23,9	12,4/ 22,8	13,2/ 23,4	14,2/ 23,2	14,3/ 24,1	14,5/ 22,2	13,3/ 26,5	10,9/ 28	11,1/ 27,9
Иссык-Кульская область Каракол	11/18	11,3/ 19,8	10,2/ 17,9	12,4/ 20,4	12,5/ 20,5	12,6/ 19,8	13,9/ 21,3	14,3/ 22,6	14,7/ 21,8	13/ 20,8	10,6/ 19,8	10,4/ 19,2
Нарынская область Нарын	10,7/ 19,1	11,2/ 19,8	10,2/ 21,1	12,1/ 21,9	12,9/ 21,7	13,2/ 21,1	14,7/ 22,6	15,3/ 22,1	15,4/ 22,6	13,6/ 21,3	10,4/ 18,7	9,9/ 21
Ошская область Ош	9,9/ 20,4	9,2/ 19,7	9,3/ 19,1	10,8/ 19,4	11,8/ 21,1	12,5/ 18,7	13,2/ 20,8	13,5/ 20,7	13,9/ 20,5	12,6/ 20,5	10,2/ 19,8	9,5/ 17,8

**ПРИЛОЖЕНИЕ 6. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА, %**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Районы республиканского подчинения													
1. Бишкек	60	72	72	63	59	51	44	45	47	57	69	71	60
2. Шабдан	70	72	70	67	66	66	63	61	59	64	70	71	67
3. Чон-Арын	59	63	69	64	60	53	48	46	47	56	62	61	57
4. Байтык	56	59	66	65	64	59	51	51	52	56	57	56	58
5. Тюя-ашу северная	59	60	63	65	69	68	67	63	59	58	56	57	62
Таласская область													
6. Талас	67	70	73	67	62	57	53	52	53	60	66	67	62
7. Токтогул	79	82	74	62	60	54	44	43	45	59	62	63	61
Иссык-Кульская область													
8. Чолпон-Ата	69	70	70	63	64	63	64	65	64	66	67	67	66
9. Каракол	70	70	67	59	59	61	61	62	61	63	67	59	64
10. Балыкчи	60	61	61	56	56	56	56	54	53	55	57	60	57
11. Койлю	77	68	60	56	61	64	66	65	65	62	70	80	66
12. Тамга	60	63	65	58	60	60	60	60	58	59	60	59	60
13. Тянь-Шань	71	70	69	69	70	70	68	67	67	65	67	71	68
14. Ак-Шыйрак	55	50	48	46	51	54	53	55	55	50	53	57	52
15. Тарагай	72	79	55	60	62	63	62	61	62	61	68	73	65
Нарынская область													
16. Кочкорка	66	62	58	57	59	61	62	62	59	59	65	68	62
17. Сусамыр	81	81	82	75	64	65	62	58	58	66	78	81	71
18. Кара-Кужур	60	60	60	59	64	65	64	61	57	57	60	61	60

19. Ат-Ойнок	59	66	65	60	62	59	56	47	49	52	57	57	57
20. Нарын	78	77	70	54	53	54	49	45	43	49	64	75	59
Ошская и Джалал-Абадская области													
21. Казарман	81	83	77	62	61	58	53	48	52	60	73	79	66
22. Чаткал	74	73	75	69	57	55	47	41	43	59	68	73	61
23. Пача-Ата	63	64	66	64	66	62	56	52	52	60	63	63	61
24. Ангрэн	57	59	62	59	54	50	42	39	39	48	54	56	52
25. Ак-Терек	55	59	62	61	61	53	48	46	46	52	55	55	55
26. Чаар-таш	57	64	67	70	70	62	57	52	53	57	56	54	60
27. Узген	68	70	69	63	60	51	48	49	50	58	67	59	60
28. Ош	78	79	76	63	55	44	45	52	54	62	74	79	64
29. Кызыл-Жар	77	76	71	62	60	58	54	49	50	57	66	74	63
30. Гульча	73	73	70	65	65	60	56	52	53	61	69	73	65
31. Хайдаркан	56	60	68	67	60	49	43	40	42	51	56	56	54
32. Сары-Таш	73	74	75	73	69	67	61	55	54	60	69	72	67
33. Дароот-Коргон	73	72	69	61	55	51	48	45	45	50	61	70	58

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using MainApplication.Classes;
using WebServicePlagiatProject.Service;

namespace MainApplication
{
    public partial class TeplotechRashet : Form
    {
        private string parameter = "Lam";
        private string [,] matrix =
new[,]{{"A","A","B"},{"A","B","B"},{"B","B","B"}};
        private Dictionary<string, int> dicAreaHumidity = new Dictionary<string,
int>() { { "Сухая", 0 }, { "Нормальная", 1 }, { "Влажная", 2 } };
        private Dictionary<string, int> dicModePremises = new Dictionary<string,
int>() { { "Сухой", 0 }, { "Нормальный", 1 }, { "Влажный или мокрый", 2 } };
        private double r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7;
        private double b4value, tb, tn, Rk, Ro, dtn, n, Rotr,D;
        private double gradusDaysCalculate;
        private bool flag;
        private bool itog;
        private Graph graf;

        public TeplotechRashet()
        {
            InitializeComponent();
            ReloadRepository();
            cbAreaHumidity.SelectedIndex = 1;
            cbModePremises.SelectedIndex = 1;
        }
        const double ab = 8.78; // добавить табличку, для разных типов
конструкции разные значения
        private double an;
        private double S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7;
        private void barButtonItem1_ItemClick(object sender,
DevExpress.XtraBars.ItemClickEventArgs e)
```

```

{
}
private bool ValidateTextBandLam()
{
    if (string.IsNullOrEmpty(b7.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b6.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b5.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b4.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b3.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b2.Text) ||
        string.IsNullOrEmpty(b1.Text))
        return false;

    else
        return true;
}
private void ReplaceDot()
{
    b7.Text = b7.Text.Replace('.', ',');
    b6.Text = b6.Text.Replace('.', ',');
    b5.Text = b5.Text.Replace('.', ',');
    b4.Text = b4.Text.Replace('.', ',');
    b3.Text = b3.Text.Replace('.', ',');
    b2.Text = b2.Text.Replace('.', ',');
    b1.Text = b1.Text.Replace('.', ',');

    lam7.Text = lam7.Text.Replace('.', ',');
    lam6.Text = lam6.Text.Replace('.', ',');
    lam5.Text = lam5.Text.Replace('.', ',');
    lam4.Text = lam4.Text.Replace('.', ',');
    lam3.Text = lam3.Text.Replace('.', ',');
    lam2.Text = lam2.Text.Replace('.', ',');
    lam1.Text = lam1.Text.Replace('.', ',');
    textEdit20.Text = textEdit20.Text.Replace('.', ',');
}

```

```

private void conditionMaterial_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
{

```

```

    if (conditionMaterial.SelectedIndex == 0)

```

```

{
    parameter = string.Empty;
    cbAreaHumidity.Enabled = false;
    cbModePremises.Enabled = false;
    parameter = "Lam";
    S1 = double.Parse(layer1.GetColumnValue("SA").ToString());
    S4 = double.Parse(layer4.GetColumnValue("SA").ToString());
    S7 = double.Parse(layer7.GetColumnValue("SA").ToString());
    if (chL6.Checked)
        S6 = double.Parse(layer6.GetColumnValue("SA").ToString());
    if (chL5.Checked)
        S5 = double.Parse(layer5.GetColumnValue("SA").ToString());
    if (chL3.Checked)
        S3 = double.Parse(layer3.GetColumnValue("SA").ToString());
    if (chL2.Checked)
        S2 = double.Parse(layer2.GetColumnValue("SA").ToString());

    SetParameters();
}
else
{
    cbAreaHumidity.Enabled = true;
    cbModePremises.Enabled = true;
    SetMatrixParameters();
}
}

private void lookUpEdit1_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}
private void SetMatrixParameters()
{
    parameter = string.Empty;
    var index =
matrix[dicModePremises[cbModePremises.EditValue.ToString()],
dicAreaHumidity[cbAreaHumidity.EditValue.ToString()]];
    parameter = "Lam" + index;
    S7 = double.Parse(layer7.GetColumnValue("S" + index).ToString());
    S4 = double.Parse(layer4.GetColumnValue("S" + index).ToString());
    S1 = double.Parse(layer1.GetColumnValue("S" + index).ToString());

    if (chL6.Checked)
        S6 = double.Parse(layer6.GetColumnValue("S" + index).ToString());

```

```

    if (chL5.Checked)
        S5 = double.Parse(layer5.GetColumnValue("S" + index).ToString());
    if (chL3.Checked)
        S3 = double.Parse(layer3.GetColumnValue("S" + index).ToString());
    if (chL2.Checked)
        S2 = double.Parse(layer2.GetColumnValue("S" + index).ToString());

    SetParameters();
}

private void SetParameters()
{
    lam7.EditValue = layer7.GetColumnValue(parameter);
    lam4.EditValue = layer4.GetColumnValue(parameter);
    lam1.EditValue = layer1.GetColumnValue(parameter);

    if (chL6.Checked)
        lam6.EditValue = layer6.GetColumnValue(parameter);
    if(chL5.Checked)
        lam5.EditValue = layer5.GetColumnValue(parameter);
    if(chL3.Checked)
        lam3.EditValue = layer3.GetColumnValue(parameter);
    if(chL2.Checked)
        lam2.EditValue = layer2.GetColumnValue(parameter);
}

private void Calculate()
{
    conditionMaterial_SelectedIndexChanged(null,null);
    // R=b/lam; b-толщина слоя lam-расчетный коэффициент
    теплопроводности материала слоя
    r4 = b4value / Convert.ToDouble(lam4.Text);
    Rk = r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 + r7;
    //Общее сопротивление теплопередаче равно
    Ro = Math.Round(((1 / ab) + Rk + (1 / an)),3);
    // Rotr = n * (tb - tn) / (dtn * ab);

    D = r1 * S1 + r2 * S2 + r3 * S3 + r4 * S4 + r5 * S5 + r6 * S6 + r7 * S7;

    if (Ro > Rotr)
    {
        flag = true;
        itog = true;
    }
}

```

```

else
{
    itog = false;
    b4value += 0.01;
}

//Определение толщины слоя
//  $Rotr = n * (tb - tn) / (dtn * ab)$ ;
//  $b4value = \text{Math.Round}(\text{Convert.ToDouble}(lam4.Text) * (Rotr - (1 / ab) -$ 
r1 - r2 - r3 - r5 - r6 - r7 - (1 / an)), 3);

}

private void cbAreaHumidity_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (cbAreaHumidity.Enabled)
        SetMatrixParameters();
}

private void cbModePremises_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (cbModePremises.Enabled)
        SetMatrixParameters();
}

private void layer4_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

private void layer1_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

public void ReloadRepository()
{
    NotificationForm.Show();
    NormativTemperaturRepository.normativRepo =
RepositoryHelper.GetReloadNormativTemperature().ToList();
}

```

```

        materialsBindingSource.DataSource =
RepositoryHelper.GetMaterialsData();
        vidOgrajKonstrukziiBindingSource.DataSource =
RepositoryHelper.GetTypeBuldRepository();
        naznachZdanijaBindingSource.DataSource =
RepositoryHelper.GetNaznachZdanijaRepository();
        locationBindingSource.DataSource = RepositoryHelper.GetLocation();
        CityRepository.cityRepo = RepositoryHelper.GetCity().ToList();
        ClimatDataRepository.climatRepo =
RepositoryHelper.GetClimatData().ToList();
        RequiredResistenceRepository.reqRepo =
RepositoryHelper.GetRequiredResistence().ToList();
        GradusDaysRepository.gradusDaysRepo =
RepositoryHelper.GetGradusDays().ToList();
        ThermostabilityRepository.termoRepo =
RepositoryHelper.GetThermostability().ToList();
        MaxCompressionRepository.compressionRepo =
RepositoryHelper.GetMaxCompression().ToList();
        MiddleTemperaturaRepository.middleTempRepo =
RepositoryHelper.GetMiddleTemperatura().ToList();
        WindSpeedRepository.windRepo =
RepositoryHelper.GetWindSpeed().ToList();
        HeightWindSpeedRepository.hwsRepo =
RepositoryHelper.GetHeightWindSpeed().ToList();
        NotificationForm.Close();
    }

    private void barButtonItem2_ItemClick(object sender,
DevExpress.XtraBars.ItemClickEventArgs e)
    {

    }

    private void typeCalculate_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs
e)
    {
        if (typeCalculate.SelectedIndex == 0)
        {
            b4.Enabled = false;
        }
        else
        {
            b4.Enabled = true;
        }
    }
}

```

```

private void lueOblast_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    cityBindingSource.DataSource =
CityRepository.cityRepo.FindAll(x=>x.Oblast.Id == (int)lueOblast.EditValue);
}

private void leTypeBuild_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    teHumidityPremises.Text =
leTypeBuild.GetColumnValue("Humidity").ToString();
    tvnutrengo.Text =
leTypeBuild.GetColumnValue("InternalTemperature").ToString();
}

private List<MiddleTemperatura> mtemp = new List<MiddleTemperatura>();
private void lueCity_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    int gradId = 1;
    try
    {
        mtemp.Clear();
        if (lueCity.Text == "") {MessageBox.Show("aaaa"); return;}
        var temp = ClimatDataRepository.climatRepo.Find(x => x.City.Id ==
(int)lueCity.EditValue);
        eext = temp.eext;
        tex = temp.FiveDaysTemper;
        var tempwind = WindSpeedRepository.windRepo.Find(x => x.City.Id
== (int)lueCity.EditValue);
        v = tempwind.WindSpeedYan;
        ReportEntity.SkorostVetraZaIyul =
tempwind.WindSpeedIyul.ToString();
        ReportEntity.SkorostVetraZaYanvar = v.ToString();
        z0 = temp.subZeroDays;
        teDurationDays.Text = temp.durationDays.ToString();
        tsrednaja.Text = temp.tSred.ToString();
        tnarujnogo.Text = temp.tOuter.ToString();
        mtemp=
MiddleTemperaturaRepository.middleTempRepo.FindAll(x=>x.City.Id ==
(int)lueCity.EditValue);
    }
    catch (Exception)
    {
        MessageBox.Show(

```

```

        "Для выбранного города необходимо заполнить его данные в
        соответствующих справочниках!");
        return;
    }

    try
    {
        if (leVidOgrajdeniya.EditValue != null)
        {
            gradusDaysCalculate = (double.Parse(tvnutrenego.Text) -
            double.Parse(tsrednaja.Text)) *
                                double.Parse(teDurationDays.Text);
        }
        else
        {
            MessageBox.Show("Сначала выберите тип ограждающей
            конструкции!");
            return;
        }

        for (int i = 0; i < GradusDaysRepository.gradusDaysRepo.Count - 1; i++)
        {
            if (gradusDaysCalculate >
            GradusDaysRepository.gradusDaysRepo[i].GradusDay && gradusDaysCalculate
            < GradusDaysRepository.gradusDaysRepo[i + 1].GradusDay)
            {
                gradId = GradusDaysRepository.gradusDaysRepo[i].Id;
            }
        }

        if (gradusDaysCalculate >
        GradusDaysRepository.gradusDaysRepo.Last().GradusDay)
        {
            gradId = GradusDaysRepository.gradusDaysRepo.Last().Id;
        }
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Имеются пустые значения!");
    }
    try
    {
        textEdit20.Text =

```

```

        RequiredResistenceRepository.reqRepo.Find(
            x =>
                x.GradusDays.Id == gradId && x.NaznachZdanija.Id ==
(int)leTypeBuild.EditValue &&
                x.VidOgraj.Id ==
(int)leVidOgrajdeniya.EditValue).RequiredResistan.ToString();
    }
    catch (Exception)
    {
    }
}

private void leVidOgrajdeniya_EditValueChanged(object sender, EventArgs
e)
{
    textEdit19.Text =
leVidOgrajdeniya.GetColumnValue("OuterSurface").ToString();
}

private double AEb, antermo, ALb, ARastn, vz, Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7;

private void CalculateThermostability()
{
    //Требуемая амплитуда
    var tsred = ClimatDataRepository.climatRepo.Find(x => x.City.Id ==
(int)lueCity.EditValue).tSredJuly;
    ReportEntity.SredneMesyachTempZaIyul = tsred.ToString();
    AEb = 2.5 - 0.1 * (tsred - 21);

    var termo =
        ThermostabilityRepository.termoRepo.Find(
            x => x.City.Id == (int)lueCity.EditValue && x.typeBuild.Id ==
(int)leVidOgrajdeniya.EditValue);
    antermo = 1.16 * (5 + 10 / termo.WindSpeed);

    Y1 = ((r1 * Math.Pow(S1, 2)) + ab) / (1 + r1 * ab);
    Y2 = ((r2 * Math.Pow(S2, 2)) + Y1) / (1 + r2 * Y1);
    Y3 = ((r3 * Math.Pow(S3, 2)) + Y2) / (1 + r3 * Y2);
    Y4 = ((r4 * Math.Pow(S4, 2)) + Y3) / (1 + r4 * Y3);
    Y5 = ((r5 * Math.Pow(S5, 2)) + Y4) / (1 + r5 * Y4);
    Y6 = ((r6 * Math.Pow(S6, 2)) + Y5) / (1 + r6 * Y5);
    Y7 = ((r7 * Math.Pow(S7, 2)) + Y6) / (1 + r7 * Y6);

    vz = 0.9 * (D / 2.718) *
        (((S1 + ab) * (S2 + Y1) * (S3 + Y2) * (S4 + Y3) * (S5 + Y4) * (S6 +
Y5) * (S7 + Y6) * (antermo + Y7)) /

```

```

        ((S1 + Y1) * (S2 + Y2) * (S3 + Y3) * (S4 + Y4) * (S5 + Y5) * (S6 +
Y6) * (S7 + Y7)));
        //Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности
ограждающих конструкций
        var Atn = ClimatDataRepository.climatRepo.Find(x => x.City.Id ==
(int)lueCity.EditValue).Atn;
        ReportEntity.AmplitudaSutColebaniiVIyule = Atn.ToString();
        var p = double.Parse(layer7.GetColumnValue("P").ToString());
        ReportEntity.SolnRadiaciyaMax = termo.ImaxWall.ToString();
        ReportEntity.SolnRadiaciyaMax = termo.IsredWall.ToString();
        ReportEntity.KoefPoglosheniyaSolnRadiacii = p.ToString();
        ARastn = 0.5 * Atn + ((p * (termo.ImaxWall - termo.IsredWall)) /
antermo);
        ALb = ARastn / vz;
    }

private bool amplitudavisible = false;
private void checkEdit1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (checkEdit1.Checked)
    {
        amplitudavisible = true;
        typeCalculate.SelectedIndex = 1;
    }
    else
    {
        amplitudavisible = false;
    }
}

private void chL6_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (chL6.Checked)
    {
        layer6.Enabled = true;
        lam6.Enabled = true;
        b6.Enabled = true;
        lam6.Text = "";
    }
    else
    {
        layer6.Enabled = false;
        lam6.Enabled = false;
        b6.Enabled = false;
        lam6.Text = "1";
        b6.Text = "0";
    }
}

```

```
} }
```

```
private void chL5_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if(chL5.Checked)
    {
        layer5.Enabled = true;
        lam5.Enabled = true;
        b5.Enabled = true;
        lam5.Text = "";
        b5.Text = "0";
    }
    else
    {
        layer5.Enabled = false;
        lam5.Enabled = false;
        b5.Enabled = false;
        lam5.Text = "1";
    }
}
```

```
private void chL3_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (chL3.Checked)
    {
        layer3.Enabled = true;
        lam3.Enabled = true;
        b3.Enabled = true;
        lam3.Text = "";
    }
    else
    {
        layer3.Enabled = false;
        lam3.Enabled = false;
        b3.Enabled = false;
        lam3.Text = "1";
        b3.Text = "0";
    }
}
```

```
private void chL2_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (chL2.Checked)
    {
        layer2.Enabled = true;
        lam2.Enabled = true;
```

```

        b2.Enabled = true;
        lam2.Text = "";
        b2.Text = "0";
    }
    else
    {
        layer2.Enabled = false;
        lam2.Enabled = false;
        b3.Enabled = false;
        lam2.Text = "1";
    }
}

private void layer6_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

private void layer5_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

private void layer3_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

private void layer2_EditValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    SetParameters();
}

private double Rvpe, Rvpe1, Rvpe2 = 0, Rvpe3 = 0, Rvpe4, Rvpe5 = 0,
Rvpe6 = 0, Rvpe7, E, Rvp1tr=0, Rvp2tr=0;
private double eext, z0, E0, pw, sw, dWav, e0ext, eoextTemp;

private void WaterPermeability()
{
    TemperatureHelper th = new
TemperatureHelper(MiddleTemperaturaRepository.middleTempRepo);
    var fint = double.Parse(teHumidityPremises.Text);
    var Eint = MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint
== double.Parse(tvnutrengo.Text)).Eint;

```

```

var eint = (fint / 100) * Eint;
Rvpe1 = Convert.ToDouble(b1.Text) /
double.Parse(layer1.GetColumnValue("M").ToString());
if (chL2.Checked)
    Rvpe2 = Convert.ToDouble(b2.Text) /
double.Parse(layer2.GetColumnValue("M").ToString());
if (chL3.Checked)
    Rvpe3 = Convert.ToDouble(b3.Text) /
double.Parse(layer3.GetColumnValue("M").ToString());

    Rvpe4 = Convert.ToDouble(b4.Text) /
double.Parse(layer4.GetColumnValue("M").ToString());
if (chL5.Checked)
    Rvpe5 = Convert.ToDouble(b5.Text) /
double.Parse(layer5.GetColumnValue("M").ToString());
if (chL6.Checked)
    Rvpe6 = Convert.ToDouble(b6.Text) /
double.Parse(layer6.GetColumnValue("M").ToString());

    Rvpe7 = Convert.ToDouble(b7.Text) /
double.Parse(layer7.GetColumnValue("M").ToString());

Rvpe = Rvpe1 + Rvpe2 + Rvpe3 + Rvpe4 + Rvpe5 + Rvpe6 + Rvpe7;

if (mtemp.Count==0)
{
    MessageBox.Show("Не выбран город или не заполнены
соответствующие справочники!");
    return;
}
int i = 1;
double etemp = 0;
foreach (MiddleTemperatura vv in mtemp)
{
    if (vv.Yan < 0) { etemp += vv.Yan; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Yan).Eint; }
    if (vv.Fev < 0) { etemp += vv.Fev; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Fev).Eint; }
    if (vv.Mar < 0) { etemp += vv.Mar; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Mar).Eint; }
}

```

```

        if (vv.Apr < 0) { etemp += vv.Apr; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Apr).Eint; }
        if (vv.Mai < 0) { etemp += vv.Mai; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Mai).Eint; }
        if (vv.Iyun < 0) { etemp += vv.Iyun; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Iyun).Eint; }
        if (vv.Iyul < 0) { etemp += vv.Iyul; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Iyul).Eint; }
        if (vv.Avg < 0) { etemp += vv.Avg; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Avg).Eint; }
        if (vv.Okt < 0) { etemp += vv.Okt; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Sen).Eint; }
        if (vv.Noy < 0) { etemp += vv.Noy; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Okt).Eint; }
        if (vv.Dek < 0) { etemp += vv.Dek; i++; eoextTemp +=
MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)vv.Noy).Eint; }
    }
    ReportEntity.HarakteristikaOtricTemp = i.ToString();
    ReportEntity.DavlenieParaOtricTemp = eoextTemp.ToString();
    E0 = MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint ==
(int)(etemp/i)).Eint;
    pw = double.Parse(layer4.GetColumnValue("Pw").ToString());
    dWav = double.Parse(layer4.GetColumnValue("Dw").ToString());
    sw = double.Parse(b4.Text);

    double E1 = 0, E2 = 0, E3 = 0, z1 = 0, z2 = 0, z3 = 0, t1=0,t2=0,t3=0,Rb,N;
    Rb = 1/ab;
    t1 = tb - (tb - th.GetTzsred()) / Ro * (Rb + Rk);
    t2 = tb - (tb - th.GetTosred()) / Ro * (Rb + Rk);
    t3 = tb - (tb - th.GetTlsred()) / Ro * (Rb + Rk);
    z1 = th.GetZ1();
    z2 = th.GetZ2();
    z3 = th.GetZ3();
    try
    {
        E1 = MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint
== (int)t1).Eint;

```

```

        E2 = MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint
== (int)t2).Eint;
        E3 = MaxCompressionRepository.compressionRepo.Find(x => x.Tint
== (int)t3).Eint;
    }
    catch (Exception)
    {

        MessageBox.Show("В указанном диапазоне температур отсутствует
искомая температура. Дополните справочник!");
    }

    E = (E1*z1 + E2*z2 + E3*z3)/12;
    e0ext = eoextTemp/i;
    N= 0.0024*(E0 - e0ext)*(z0/Rvpe);

    Rvp1tr = ((eint-E)*Rvpe)/(E - eext);
    Rvp2tr = (0.0024*z0*(eint - E0))/(pw*sw*dWav + N);
}

private bool watervisible = false;
private void checkEdit2_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (checkEdit2.Checked)
    {
        typeCalculate.SelectedIndex = 1;
        watervisible = true;
    }
    else
    {
        watervisible = false;
    }
}

private double H = 0, yint, yext, Dp, v, tex, Gn, RinfReq, Rinf=0;

private void Breathability()
{
    try
    {
        H = double.Parse(teHight.Text);
    }
    catch (Exception)
    {

        MessageBox.Show("Укажите высоту здания!");
    }
}

```

```

}

yint = 3463 / (273 + tb);
yext = 3463 / (273 + tex);

if (H>60)
{
    double er = 1;
    for (int i = 0; i < HeightWindSpeedRepository.hwsRepo.Count-1; i++)
    {
        if (HeightWindSpeedRepository.hwsRepo[i].Height<=H &&
H<HeightWindSpeedRepository.hwsRepo[i+1].Height)
        {
            er =
                HeightWindSpeedRepository.hwsRepo.Find(
                    x => x.WindSpeed ==
HeightWindSpeedRepository.hwsRepo[i].WindSpeed).S;
        }
    }
    v = v * er;
}

Dp = 0.55 * H * (yext - yint) + 0.03 * yext * v*v;
Gn =
double.Parse(leVidOgrajdeniya.GetColumnValue("Breathability").ToString());

var q = double.Parse(layer7.GetColumnValue("Rn").ToString());
var w = double.Parse(layer7.GetColumnValue("Bn").ToString());
if (q!=null && w!=null)
{
    Rinf = Rinf+(q*(double.Parse(b7.Text)/1000)*w);
}

if (chL6.Checked)
{
    var a = double.Parse(layer6.GetColumnValue("Rn").ToString());
    var s = double.Parse(layer6.GetColumnValue("Bn").ToString());
    if (a != null && s != null)
    {
        Rinf = Rinf + (a * (double.Parse(b6.Text) / 1000) * s);
    }
}

if (chL5.Checked)

```

```

{
    var a = double.Parse(layer5.GetColumnValue("Rn").ToString());
    var s = double.Parse(layer5.GetColumnValue("Bn").ToString());
    if (a != null && s != null)
    {
        Rinf = Rinf + (a * (double.Parse(b5.Text) / 1000) * s);
    }
}

if (chL3.Checked)
{
    var a = double.Parse(layer3.GetColumnValue("Rn").ToString());
    var s = double.Parse(layer3.GetColumnValue("Bn").ToString());
    if (a != null && s != null)
    {
        Rinf = Rinf + (a * (double.Parse(b3.Text) / 1000) * s);
    }
}

if (chL2.Checked)
{
    var a = double.Parse(layer2.GetColumnValue("Rn").ToString());
    var s = double.Parse(layer2.GetColumnValue("Bn").ToString());
    if (a != null && s != null)
    {
        Rinf = Rinf + (a * (double.Parse(b2.Text) / 1000) * s);
    }
}

var z = double.Parse(layer4.GetColumnValue("Rn").ToString());
var c = double.Parse(layer4.GetColumnValue("Bn").ToString());
if (z != null && c != null)
{
    Rinf = Rinf + (z * (double.Parse(b4.Text) / 1000) * c);
}

var t = double.Parse(layer1.GetColumnValue("Rn").ToString());
var g = double.Parse(layer1.GetColumnValue("Bn").ToString());
if (t != null && g != null)
{
    Rinf = Rinf + (t * (double.Parse(b1.Text) / 1000) * g);
}

RinfReq = Dp/Gn;

}

private bool breathabilityVisible;

```

```

private void checkEdit3_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (checkEdit3.Checked)
    {
        typeCalculate.SelectedIndex = 1;
        breathabilityVisible = true;
    }
    else
    {
        breathabilityVisible = false;
    }
}

private double t1l, t2l, t3l, t4l, t5l, t6l, t7l, tbl, tnl,rbl;
private LayersTemperature lt;
private void CalculateLayerTemp()
{
    lt = new LayersTemperature();
    rbl = 1/ab;
    lt.tbl = Math.Round(tb - ((tb - tn)*(rbl/Ro)),2);
    lt.tnl = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 + r7) /
Ro),2);
    lt.t1l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1) / Ro),2);
    if (chL2.Checked)
        lt.t2l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2) / Ro),2);
    if (chL3.Checked)
        lt.t3l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2+r3) / Ro),2);
    if (chL5.Checked)
        lt.t5l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2+r3+r4+r5) / Ro),2);
    if (chL6.Checked)
        lt.t6l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2 + r2 + r3 + r4 + r5+r6) /
Ro),2);
    lt.t4l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2 + r3 + r4) / Ro),2);
    lt.t7l = Math.Round(tb - ((tb - tn) * (rbl + r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 + r7) /
Ro),2);
}

private void SetReport()
{
    ReportEntity.TipZdaniya = leTypeBuild.Text;
    ReportEntity.TipKonstrukcii = leVidOgrajdeniya.Text;
    ReportEntity.TNaruzhnogo = tnarujnogo.Text;
    ReportEntity.TVnutrennego = tvnutrenego.Text;
    ReportEntity.SredTemOtopPerioda = tsrednaja.Text;
    ReportEntity.PeriodOtopPerioda = teDurationDays.Text;
}

```

```

        ReportEntity.Sloy1 = string.Format(" 1 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b1.Text, lam1.Text, layer1.Text);

        ReportEntity.Sloy2 = string.Format(" 2 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b2.Text, lam2.Text, chL2.Checked
? layer2.Text : "Нулевой");
        ReportEntity.Sloy3 = string.Format(" 3 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b3.Text, lam3.Text, chL3.Checked
? layer3.Text : "Нулевой");

        ReportEntity.Sloy4 = string.Format(" 4 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b4.Text, lam4.Text, layer4.Text);

        ReportEntity.Sloy5 = string.Format(" 5 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b5.Text, lam5.Text, chL5.Checked
? layer5.Text : "Нулевой");
        ReportEntity.Sloy6 = string.Format(" 6 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b6.Text, lam6.Text, chL6.Checked
? layer6.Text : "Нулевой");

        ReportEntity.Sloy7 = string.Format(" 7 слой:    {0}
Теплопроводность {1} Вт/(м*град) - {2}", b7.Text, lam7.Text, layer7.Text);
        ReportEntity.KoefTeplootdachiVnutPoverh = ab.ToString() +
"Вт/(м2*град)";
        ReportEntity.KoefTeplootdachiNaruzhPoverh = an.ToString() +
"Вт/(м2*град)";
        ReportEntity.TrebSoprotTeploPeredche = Rotr.ToString() + "м2*град/Вт";
        ReportEntity.SostoyanieMateriala = conditionMaterial.SelectedIndex == 0
? "Сухой" : "Эксплуатация";
        ReportEntity.Rezhim = cbModePremises.Text + "(" +
teHumidityPremises.Text + "%)";
        ReportEntity.ZonaVlazhnosti = cbAreaHumidity.Text;
        ReportEntity.RaschetNaTrebSoprotTeploPeredche =
typeCalculate.SelectedIndex == 1;
        ReportEntity.RaschetNaTeploustoichivost = checkEdit1.Checked;
        ReportEntity.RaschetNaParopronicaemost = checkEdit2.Checked;
        ReportEntity.RaschetNaVozduhoPronicaemost = checkEdit3.Checked;
        ReportEntity.VysotaZdaniya = teHight.Text;
        ReportEntity.DavlenieParaSredGod = eext.ToString();
        ReportEntity.SoprotivlenieOgrazhTeploperedachTreb = textEdit20.Text;
        ReportEntity.FacticheskoeSoprotTeploPeredachi = Ro.ToString();
        ReportEntity.Raschet4Sloya = typeCalculate.SelectedIndex == 0;
    }

private void sbUpdate_Click(object sender, EventArgs e)

```

```

{
    teDurationDays.ResetText();
    teHumidityPremises.ResetText();
    textEdit19.ResetText();
    textEdit20.ResetText();
    tnarujnogo.ResetText();
    tvnutrenego.ResetText();
    tsrednaja.ResetText();
    // lueOblast.ItemIndex=0;
    //leTypeBuild.ResetText();
    //leVidOgrajdeniya.ResetText();
    b7.ResetText();
    b6.ResetText();
    b5.ResetText();
    b4.ResetText();
    b3.ResetText();
    b2.ResetText();
    b1.ResetText();
    lam7.ResetText();
    lam6.ResetText();
    lam5.ResetText();
    lam4.ResetText();
    lam3.ResetText();
    lam2.ResetText();
    lam1.ResetText();
    //layer1.ResetText();
    //layer2.ResetText();
    //layer3.ResetText();
    //layer4.ResetText();
    //layer5.ResetText();
    //layer6.ResetText();
    //layer7.ResetText();
    //lueCity.ItemIndex = 0;
    ReloadRepository();
}

```

```

private void sbCalculate_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        ReplaceDot();
        if (!ValidateTextBandLam()) MessageBox.Show("Вы ввели неверные
данные или не указали одно из значений!");
        r1 = Convert.ToDouble(b7.Text) / Convert.ToDouble(lam7.Text);
        r2 = Convert.ToDouble(b6.Text) / Convert.ToDouble(lam6.Text);

```

```

r3 = Convert.ToDouble(b5.Text) / Convert.ToDouble(lam5.Text);
r5 = Convert.ToDouble(b3.Text) / Convert.ToDouble(lam3.Text);
r6 = Convert.ToDouble(b2.Text) / Convert.ToDouble(lam2.Text);
r7 = Convert.ToDouble(b1.Text) / Convert.ToDouble(lam1.Text);
tb = double.Parse(tvnutrenego.Text); // внутренняя температура.
tn = double.Parse(tnarujnogo.Text); // наружная температура.
//Термическое сопротивление ограждающей конструкций
if (double.IsNaN(r1)) r1 = 0;
if (double.IsNaN(r2)) r2 = 0;
if (double.IsNaN(r3)) r3 = 0;
if (double.IsNaN(r4)) r4 = 0;
if (double.IsNaN(r5)) r5 = 0;
if (double.IsNaN(r6)) r6 = 0;
if (double.IsNaN(r7)) r7 = 0;
dtn = 0; // температурный перепад
n = 1;
b4value = double.Parse(b4.EditValue.ToString());
an = double.Parse(textEdit19.EditValue.ToString());
Rotr = double.Parse(textEdit20.EditValue.ToString());
flag = false;
dtn = NormativTemperaturRepository.normativRepo.Find(
    x =>
        x.NaznachenieZdanija.Id ==
int.Parse(leTypeBuild.EditValue.ToString()) &&
        x.VidOgrojKonstrukzii.Id ==
int.Parse(leVidOgrajdeniya.EditValue.ToString())).ValueDeltaT;
if (dtn == null)
{
}

SetReport();

if (typeCalculate.SelectedIndex == 0)
{
    b4value = 0;
    while (!flag)
    {
        Calculate();
    }
    CalculateLayerTemp();
    graf = new Graph(Ro, Convert.ToDouble(b1.Text),
Convert.ToDouble(b2.Text), Convert.ToDouble(b3.Text), b4value == 0 ?
Convert.ToDouble(b4.Text) : Math.Round(b4value, 2),
Convert.ToDouble(b5.Text), Convert.ToDouble(b6.Text),
Convert.ToDouble(b7.Text), 15, lt);

```

```

        graf.Show();
    }
    else
    {
        Calculate();
        CalculateThermostability();
        WaterPermeability();
        Breathability();
        CalculateLayerTemp();
        graf = new Graph(Rotr, Ro, itog, Convert.ToDouble(b1.Text),
Convert.ToDouble(b2.Text), Convert.ToDouble(b3.Text),
Convert.ToDouble(b4.Text), Convert.ToDouble(b5.Text),
Convert.ToDouble(b6.Text), Convert.ToDouble(b7.Text), 15, AEb, ALb,
amplitudavisible, Rvp1tr, Rvp2tr, Rvpe, watervisible, Rinf, RinfReq,
breathabilityVisible, lt);
        graf.Show();
    }
}
catch (Exception ex)
{ MessageBox.Show("Произошла ошибка в работе. Проверьте
заполнены ли все поля!"); } }

```

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. АКТ ВНЕДРЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Директор Кыргызского
инженерно-строительного
института им. Н. Исанова

Маматов Жаныбек Ысакович

« 17 » 12 2024 г.

Акт внедрения научно-исследовательских, научно-технических работ, (или) результатов научно-технической деятельности

1. Автор (соавторы) внедрения: **Сушибекова Алтынай Казакбаевна, Кутуев Мухамедий Дадиевич, Матозимов Бердикул Суюмбаевич.**
2. Наименование научно-исследовательских, научно-технических работ, (или) результатов научно-технической деятельности:
Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций.
3. Краткая аннотация: Экспертная система обеспечение реализует:
 - применение настоящих норм и стандартов на проектирование ограждающих конструкций новых и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения и предназначенные для тепловой защиты жилых, общественных, производственных и вспомогательных промышленных предприятий, сельскохозяйственных и складских зданий;
 - формулы расчетов на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость;
 - использование клиент-серверной технологии доступа к СУБД MS SQL Server,
 - формы ввода справочной информации согласно СНИПам Кыргызской Республики;
 - наличие гибкой базы данных теплоизоляционных свойств строительных материалов;
 - анализ расчета сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций;
 - вывод результата расчета в текстовый файл для дальнейшего использования.
4. Эффект от внедрения: Интеграция с местными строительными нормами и стандартами, применяемые в Кыргызстане. Система предлагает рекомендации, соответствующие местным нормативам и требованиям к тепловой защите зданий.
5. Место и время внедрения: Кыргызский инженерно-строительный институт им. Н. Исанова, г. Бишкек, ул.Малдыбаева 34б, октябрь 2023 года.
6. Форма внедрения: разработанная экспертная система тепловой защиты зданий в климатических условиях Кыргызской Республики имеет ряд преимуществ:

- адаптация к местным климатическим условиям. Экспертная система разработана с учетом специфических климатических условий Кыргызстана, таких как экстремальные температуры, высокая солнечная активность и значительные перепады температур в разных регионах страны. Система учитывает эти факторы при расчете оптимальных параметров ограждающих конструкций;
- учет местных материалов и технологий. Система включает информацию о местных материалах, используемых в строительстве зданий в Кыргызстане, что позволяет предложить оптимальные решения и рекомендации, учитывая доступность и характеристики материалов;
- учет энергетической эффективности. Экспертная система помогает оптимизировать энергетическую эффективность зданий в Кыргызстане, что включает рекомендации по использованию энергосберегающих материалов и технологий;
- интеграция с государственными органами и профессиональными сообществами. Сотрудничество с государственными органами, строительными компаниями и профессиональными сообществами в Кыргызстане позволяет использовать экспертную систему в практической работе по тепловой защите зданий, это может способствовать более широкому принятию системы и ее дальнейшему развитию;
- экспертная система имеет справочные данные согласно нормативным данным;
- ввод и редактирование информации производится с помощью экранных форм в режиме диалога. Отчетные данные экспортируются в текстовый файл и по необходимости можно сохранить в каталоге или на физическом носителе.

Директор Кыргызского
инженерно-строительного
института им. Н. Исанова

Ст. препод. кафедры «ИСЭ»
Высшей школы экономики
и бизнеса



Маматов Ж.Ы.

Супибекова А.К.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. КЫРГЫЗПАТЕНТ



