

Сунибекова А.К.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КЛИМАТТЫК  
ШАРТТАРЫНДА ИМАРАТТАРДЫН ЖЫЛУУЛУК КОРГООСУНУН  
ЭКСПЕРТТИК СИСТЕМАСЫ

Сунибекова А.К.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ  
ЗДАНИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

A. Supibekova

THE ARTICLE DISCUSSES AN EXPERT SYSTEM FOR  
THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS IN THE CLIMATIC  
CONDITIONS OF THE KYRGYZ REPUBLIC

УДК: 681.518.3

Макалада Кыргыз Республикасынын климаттык шарттарында тосмо конструкциялардын жылуулук-техникалык эсептеринин эксперттик системасын иштеп чыгуунун этаптары каралат: климаттык шарттар тууралуу маалыматтарды чогултуу, талаптарды жана стандарттарды аныктоо, билим базасын аныктоо, эрежелерди жана алгоритмдерди иштеп чыгуу, системаны ишке киргизүү жана тестириөө, маалыматтардын инфологиялык модели сүрөттөлөт: объекттер, атрибуттар, мамилелер, билим жана эрежелер, MS SQL Serverде маалыматтардын реляциялык модели түрүндө иштелип чыккан маалыматтар базасынын түзүмү берилген. Макалада маалыматтардын ашыкчалыгын жоюу, сактоо жана манипуляциялоо натыйжалуулугун камсыз кылуу үчүн маалыматтарды нормалдаштыруу сунушталат, Visual Studio C# тилин тандоо жана программалоо чөйрөсүн камсыз кылуу жаңы версиялардын чыгышында тиркемелердин айкалышын камсыз кылат жана ошондой эле имараттардын жылуулук коргоо эксперттик системасын колдонуунун артыкчылыктары саналуу менен корутундуда келтирилген.

**Негизги сөздөр:** жылуулук-техникалык эсеп, инфологиялык модель, климаттык шарттар, маалымат базасы, атрибуттар, программалоо тили, мамилелери, адаптация.

В статье рассматриваются этапы разработки экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций в климатических условиях Кыргызской Республики: сбор данных о климатических условиях, определение требований и стандартов, определение базы знаний, разработка правил и алгоритмов, реализация и тестирование системы, описывается инфологическая модель данных: объекты, атрибуты, отношения, знания и правила, приводится структура базы данных, спроектированной в MS SQL Server в виде реляционной модели данных. В статье представлены нормализация данных, которая относится к процессу проектирования схемы базы данных с целью устранения избыточности и обеспечения эффективности хранения и манипуляции данными, выбор языка и среды программирования Visual Studio C# обеспечивает совместимость приложений при выходе новых версий, а также приведены выводы с перечисленными преимуществами использования экспертной системы тепловой защиты зданий.

**Ключевые слова:** теплотехнический расчет, инфологическая модель, климатические условия, база данных, атрибуты, язык программирования, отношения, адаптация.

The article discusses the stages of developing an expert system for thermal calculation of building envelope structures in the

climatic conditions of the Kyrgyz Republic. These stages include data collection on climatic conditions, determining requirements and standards, defining the knowledge base, developing rules and algorithms, system implementation and testing. The article describes the information model of the data, including objects, attributes, relationships, knowledge, and rules. It also presents the structure of the database designed in MS SQL Server as a relational data model. The article also covers data normalization, which is part of the database schema design process to eliminate redundancy and ensure efficient storage and manipulation of data. The choice of the Visual Studio C# programming language and environment ensures compatibility of applications with future versions. The article concludes with the benefits of using the expert system for building thermal protection, listing its advantages.

**Key words:** thermal calculation, infological model, climatic conditions, database, attributes, programming language, relationships, adaptation.

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:

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: поддержание 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 [1]. 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 [2].

При разработке экспертной системы имело место составления инфологической модели [3] экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, которая представляет собой структуру данных, описывающую информацию, необходимую для функционирования системы такие как:

#### 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 теплотехниче-

ской защиты: связывает результаты расчета теплопотерь с рекомендациями по оптимизации ограждающих конструкций, например, выбору более эффективных материалов или изменению их толщины.

#### 4. Знания и правила:

- база знаний: содержит экспертные знания [4] 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 [5].

Нормализация данных является важным процессом при проектировании базы данных для экспертной системы ограждающих конструкций. Нормализация помогает устранить избыточность данных и обеспечить их структурированность.

Структурированность данных в базе данных означает, что данные организованы логически и иерархически в соответствии с требованиями и логикой предметной области. Хорошо структурированные данные облегчают доступ, поиск и анализ информации. Нормализация данных помогает достичь структурированности, разбивая данные на отдельные таблицы и устанавливая связи между ними на основе ключей [5].

База данных экспертной системы ограждающих конструкций спроектирована в MS SQL Server (рис. 1).

Программа разработана в Visual Studio, с использованием объектно-ориентированного языка программирования C# [6]. Он обладает большими возможностями, как в решении задач, так и в представлении пользовательского интерфейса. Система Visual Studio позволяет писать и крохотные программы, утилиты для персонального использования, и корпоративные системы, работающие с базами данных на разных платформах. При этом обеспечивается совместимость приложений при выходе новых версий Visual Studio – как друг с другом на уровне исходных текстов, так и с модифицированными версиями стандартных протоколов и технологий благодаря библиотеке независимых и легко настраиваемых компонентов [7].

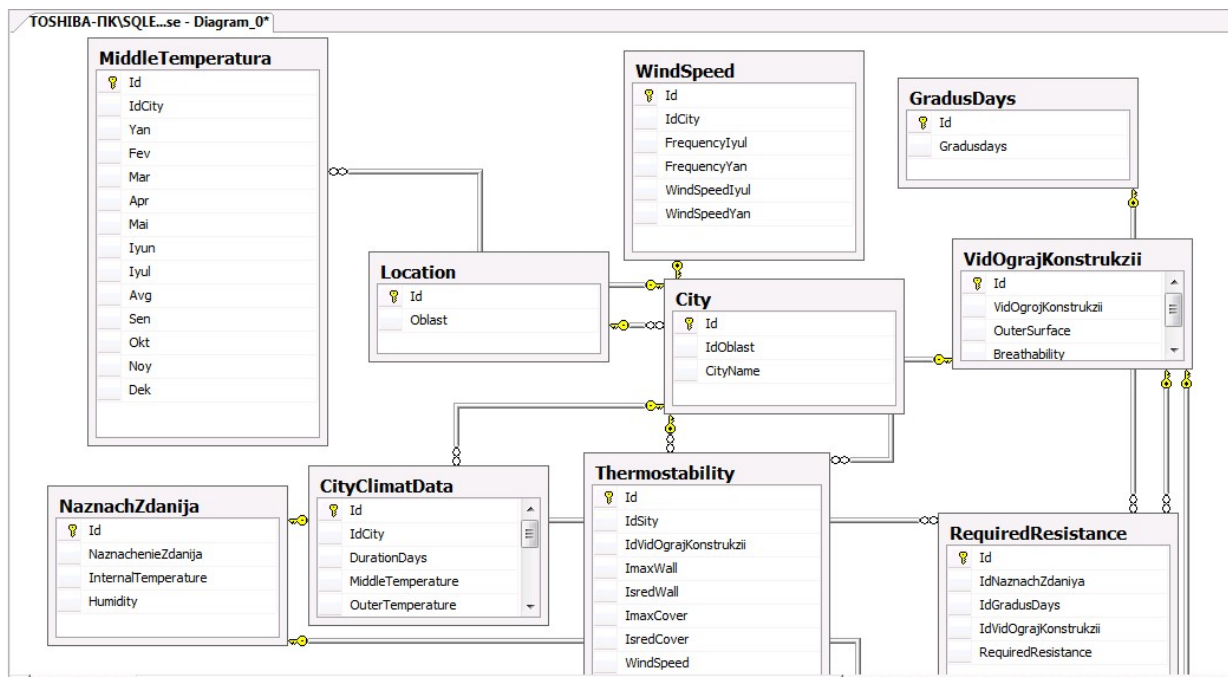


Рис. 1. Структура базы данных.

**Теплотехнический расчет в разработанной автором экспертной системе.** Теплотехнический расчет ограждающих конструкций заключается в определении необходимой толщины теплоизоляции и конструктивных слоев ограждения, обеспечивающих сопротивление теплопередачи равное нормированному значению общего приведенного сопротивления теплопередач.

**Результаты расчета:** сопротивление воздухопроницаемости - **Достаточно**, теплоустойчивость ограждающей конструкции – **Достаточно**.

Конструкция стены, теплоизоляция с данными толщинами удовлетворяют конструктивным требованиям и требованиям теплоизоляции (рис. 2). Результаты расчетов приводятся на графике (рис. 3).

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Условия эксплуатации ограждения**:
  - Температура воздуха: наружного (-23 град.), внутреннего (18 град.).
  - Отопительный период: Средняя температура (0,9 град.), Продолжительность (157 дней).
- Состояние материала**:
  - Сухое (selected) / Эксплуатируемое.
  - Зона влажности: Нормальная.
  - Режим помещения: Нормальный.
  - Влажность помещения: 55 %.
- Характеристики ограждения**:
 

Слой	Толщина (м)	Коэффициент теплопроводности (Вт/м²·град.)	Материал
7-го слоя	0	0,00	Пустая
6-го слоя	0	1	[EditValue is ...]
5-го слоя	0	1	[EditValue is ...]
4-го слоя	0,015	0,76	Штукатурка...
3-го слоя	0,05	0,06	Пенопласт
2-го слоя	0,25	0,70	Глинобитная
1-го слоя	0,015	0,76	Штукатурка...
- Требуемое сопротивление ограничения теплопередачи**: 0,8 м²·град./Вт.
- Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности**: 23 Вт/(м²·град.).
- Тип здания**: Жилые, лечебно-профилактические и детские учре... (dropdown).
- Тип ограждающей конструкции**: Наружная стена (dropdown).
- Высота здания**: 3 (input).
- Расположение**:
  - Область: Чуйская (dropdown).
  - Город: Бишкек (dropdown).
- Расчетные параметры**:
  - Расчет на теплоустойчивость
  - Расчет на паропроницаемость
  - Расчет на воздухопроницаемость

Рис. 2. Расчеты на теплоустойчивость, паропроницаемость и воздухопроницаемость.

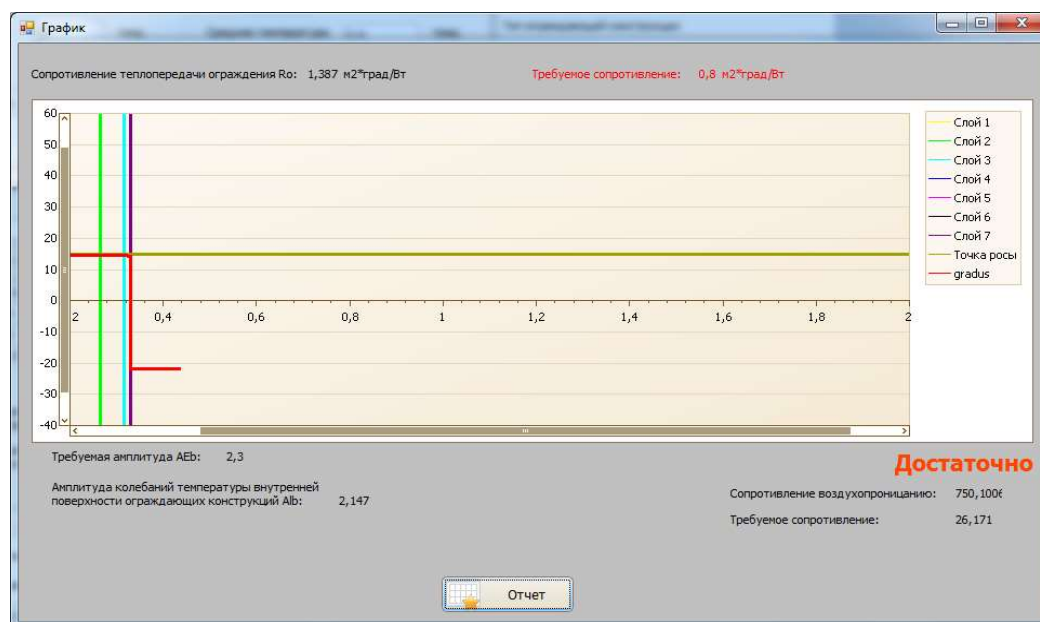


Рис. 3. График результатов расчета.

**Вывод:** созданная экспертная система тепловой защиты зданий 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 энергоэффективных 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.

#### Литература:

1. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. / К.Нейлор. - М.: Энергоатомиздат, 2013. - 286с.
2. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта / Н.Нильсон. - М.: Радио и связь, 2014. - 373 с.
3. Системы автоматизированного проектирования в 9-ти книгах. Кн. 9. Иллюстрированный словарь / Под ред. И.П. Норенкова. - М.: Высшая школа, 2012. - 159 с.
4. Чичварин Н.В. Экспертные компоненты САПР / Н.В. Чичварин. - М.: Машиностроение, 2014. - 240 с.
5. Любарский Ю.Я. Интеллектуальные информационные системы / Ю.Я. Любарский. - М.: Наука, 2013. - 232 с.
6. Герберт Шилдт. С# 4.0. Полное руководство. - М., 2016. - 1056с.
7. Герберт Шилдт. Разработка приложений в Visual Studio. Полное руководство. Москва, 2015. - 980 с.
8. Жолдошов Б.М., Камчиев А.Н. Усиление металлических конструкций. / Известия ВУЗов Кыргызстана. 2021. №.6. - С. 8-12.