

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»

На правах рукописи



ДЕРИНА МАРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Береговой Александр Маркович



Пенза 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	11
1.1 Концепция малоэтажного строительства	11
1.2 Внедрение способов повышения тепловой эффективности зданий	13
1.3 Отечественный и зарубежный опыт строительства зданий с энергосберегающими конструкциями	19
1.4 Использование альтернативных источников энергии для удовлетворения энергетических потребностей зданий	21
1.5 Классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства на примере г.Пензы	24
1.5.1 Жилые здания первого периода индустриального домостроения (1958-1974 гг.)	29
1.5.2 Жилые здания второго периода индустриального домостроения (1974-1990 гг.)	40
1.6 Общие выводы	45
ГЛАВА 2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ. АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	46
2.1 Электронные приборы для проведения натуральных исследований	46
2.2 Состояние тепловой защиты малоэтажных общественных зданий	50
2.2.1 Натурные исследования музыкальной школы №4 г.Пензы по ул.Бумажников	50
2.2.2 Натурные исследования нового здания Пенсионного фонда по ул.Коммунистическая г.Пензы	51

2.2.3	Натурные исследования здания гостиницы «Октябрьский сад» по ул. Окружная г. Пензы	51
2.3	Состояние тепловой защиты малоэтажных жилых зданий	52
2.3.1	Натурные исследования жилых домов по ул. Воровского, ул. Докучаева и ул. Фрунзе г. Пензы, возведенных в первый период индустриального домостроения	52
2.3.2	Натурные исследования конструктивных элементов трехэтажного жилого дома со встроенным магазином по ул. Коммунистической, в г. Каменке Пензенской области.....	54
2.4	Анализ климата на территории Пензенского региона	57
2.5	Общие выводы.....	68
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ МАТЕРИАЛА ОГРАЖДЕНИЯ		
3.1	Общее состояние вопроса	70
3.2	Постановка задачи исследования	71
3.3	Методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха	72
3.4	Основные зависимости теплофизических показателей, полученных в ходе исследования вопроса	78
3.5	Основные выводы по результатам исследования.....	86
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛА ПОДЗЕМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ.....		
4.1	Общее состояние вопроса	87
4.2	Постановка задачи эксперимента.....	88
4.3	Методика оценки эффективности утилизации тепла воздуха подвального помещения.....	89
4.4	Основные закономерности, выявленные в ходе проведения эксперимента	94

4.5 Выводы по результатам исследования	97
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ .	98
5.1 Оценка эффективности блокирования жилых зданий	100
5.2 Расчет экономии тепла при устройстве теплозащитных штор	102
5.3 Техничко-экономическая оценка энергосбережения при переносе подсобных помещений из надземной части здания в подземную.....	105
5.3.1 Расчетная модель по переносу подсобных помещений в подземный этаж.....	106
5.3.2 Расчетная модель по снижению теплопотерь в наружной стене при переносе помещений надземного этажа в подземный этаж	108
5.4 Техничко-экономическая оценка энергосбережения при использовании упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора.....	111
5.5 Оценка эффективности использования энергосберегающих решений и альтернативных источников энергии	117
5.6 Программный продукт Energy Saving Solver (ESS).....	118
5.7 Выводы по результатам исследования	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ А	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	158
ПРИЛОЖЕНИЕ В	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	165
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	167
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	169
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	171

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Федеральная программа «Энергосбережение России» предусматривает рост энергопотребления экономики страны к 2020 году более чем в 2 раза и снижение энергоемкости экономики России примерно на 50%.

Самое перспективное направление по рациональному использованию и экономии топливно-энергетических ресурсов связано с энергосбережением в различных отраслях экономической деятельности. Свыше четверти потенциала энергосбережения сосредоточено в жилищно-коммунальном хозяйстве, а в строительстве и промышленности – свыше одной трети.

Основной массив эксплуатируемых зданий в нашей стране состоит из, так называемых, неэнергоэкономичных сооружений, возведенных из сборного железобетона и местных материалов, теплотехнические характеристики которых ухудшаются в процессе эксплуатации по причине или невысокого качества строительства, или ненадлежащей эксплуатации.

Значительную долю эксплуатируемого жилого фонда составляют малоэтажные здания, а от общего объема возведенного жилья в ряде регионов эта доля превышает 30%. Отличаясь экологической привлекательностью, малоэтажные здания по сравнению с многоэтажными имеют значительно большую удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Многие используемые объемно-планировочные решения по повышению энергосбережения многоэтажных домов малоэффективны при разработке проектов малоэтажных, тем более одно-, двухсемейных домов с небольшим количеством квартир, которые из функциональных соображений, как правило, имеют небольшие размеры.

В существующей нормативной базе отсутствуют методики, в полной мере учитывающие влияние взаимосвязанных процессов тепломассопереноса на тепловые потери через наружные ограждения, а также утилизацию тепла уходящего воздуха и использование рассеянной энергии природной среды (тепло

солнечной радиации и земляного массива под зданием) для дополнительного обогрева помещений. Этим определяется актуальность поставленных задач по повышению тепловой эффективности малоэтажных зданий.

Степень разработанности темы исследования. Определенное влияние на решение проблемы повышения тепловой эффективности зданий оказали многочисленные работы отечественных и зарубежных ученых, анализ которых позволил сформулировать задачи для дальнейшего исследования.

Многие аспекты вопросов, касающихся энергоэффективности зданий и их конструкций, освещены в работах отечественных ученых Фокина К.Ф., Васильева Б.Р., Богословского В.Н., Хлевчука В.Р., Самарина О.Д., Ливчака В.И. [22, 26, 47, 48, 104], Ильинского В.М., Франчука А.У., Ушкова В.Ф., Табунщикова Ю.А., Гагарина В.Г., Бодрова В.И., Бодрова М.В., Иванова В.В., Куприянова В.Н., Лобова О.И., Ананьева А.И., Дацюк Т.А., Берегового А.М., Монастырева П.В., Вытчикова Ю.С., Гримитлина А.М., Таурит В.Р., Уляшевой В.М. и зарубежных авторов: Бекмана У., Зоколя С.В., Андерсона Б., Клейна С. и др. [2, 5, 43, 73, 95].

Исследования этих ученых указывают на большие возможности использования двух принципов в архитектурно-строительном проектировании малоэтажных зданий: повышение тепловой защиты наружных ограждающих конструкций и конструктивные решения, приспособленные для использования рассеянной энергии природной среды. Однако в связи с недостаточной изученностью мероприятий по повышению тепловой защиты зданий и их технико-экономического обоснования, требуется дальнейшее исследование данной проблемы, что делает тему исследования актуальной.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационной работы является повышение тепловой эффективности малоэтажных гражданских зданий и их ограждающих конструкций путем применения энергосберегающих решений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать классификацию жилых малоэтажных зданий существующего опорного фонда г.Пензы.

2. Провести натурные исследования состояния тепловой защиты малоэтажных гражданских зданий с целью разработки эффективных энергосберегающих решений.
3. Выполнить анализ климатических факторов на примере Пензенского региона и их воздействий на теплозащитные характеристики наружных ограждающих конструкций.
4. Выполнить расчетное моделирование формирования тепловых потоков, уходящих через наружные ограждения эксплуатируемых малоэтажных гражданских зданий.
5. Провести экспериментальное исследование в натуральных условиях по утилизации тепла подвальных помещений.
6. Разработать методику по оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружные ограждающие конструкции с целью экономии тепловых потерь в здании.
7. Разработать методику по оценке эффективности утилизации тепла подвальных помещений.
8. Выполнить анализ энергосберегающих решений, в том числе с использованием альтернативных источников энергии и определить экономический эффект их внедрения при строительстве и реконструкции малоэтажных гражданских зданий.
9. Создать программный продукт по оценке эффективности энергосберегающих решений и определению класса энергоэффективности малоэтажных жилых и общественных зданий.

Научная новизна работы. Разработана методика энергосбережения на основе оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружные ограждения верхнего этажа.

Разработана методика по оценке эффекта утилизации тепла подвальных помещений с помощью воздуховода в подвальном помещении здания.

Уточнены закономерности процесса эксфильтрации воздуха через наружную ограждающую конструкцию верхнего этажа здания, влияющие на тепловые потери здания.

Установлена технико-экономическая эффективность использования и внедрения разработанных и ряда традиционных энергосберегающих решений в объемно-планировочных и конструктивных решениях малоэтажных зданий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана классификация жилых малоэтажных зданий существующего опорного фонда г.Пензы.

Выявлена возможность переноса ряда подсобных помещений общественного назначения в подземное пространство с целью уменьшения площади отопления без заметного снижения функциональных требований к объемно-планировочным решениям.

Получены фактические показатели, характеризующие тепловую защиту эксплуатируемых малоэтажных зданий (на примере г.Пензы), которые послужили основой для дальнейших методик расчета.

В результате анализа традиционных и разработанных энергосберегающих решений с использованием альтернативных видов энергии выполнен расчет и получен экономический эффект от их внедрения на этапах проектирования и реконструкции малоэтажных гражданских зданий.

Разработана методика расчета эффекта утилизации тепла в подземном помещении здания и методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружное ограждение с целью экономии тепловой энергии в отопительный период.

Разработан программный продукт ESS (Energy Saving Solver) по определению и повышению класса энергетической эффективности малоэтажных зданий путем использования энергосберегающих решений.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологической основой исследования служат общенаучные методы, основанные на обобщении, методе математического моделирования, эксперименте, сравнении,

методе статистического подхода, применении принципа рассмотрения во взаимосвязи.

Методическую основу диссертационной работы составляют методы качественного и количественного анализа, физико-химические и физико-механические методы, методы качественной и количественной обработки получаемых данных, статистические методы обработки экспериментальных данных, методы дифференциального термического анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты исследования уровня тепловой защиты эксплуатируемых малоэтажных зданий гражданского назначения г.Пензы [приложения Г, Д, Е, Ж].

2. Методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через ограждающую конструкцию, обеспечивающая уменьшение тепловых потерь здания.

3. Методика экономии тепловой энергии за счет использования тепла подвальных помещений.

4. Оценка обоснованности и целесообразности применения разработанных энергосберегающих мероприятий в объемно-планировочном и конструктивном решении здания.

5. Программный продукт, основанный на разработанных методиках и предназначенный для автоматизации и ускорения процесса выбора энергосберегающих мероприятий.

Степень достоверности результатов работы. Достоверность результатов, полученных при проведении натурных исследований, натурных и вычислительных экспериментов, обеспечивалась использованием современных средств измерений, применением апробированных методов математического моделирования, анализом полученных данных и обоснована использованием классических уравнений строительной теплофизики и теории тепломассопереноса.

Апробация результатов исследований. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на IX международной научно-практической конференции «Эффективные инструменты современных наук» (Прага, 2013); IX международной научно-практической конференции «Перспективные вопросы

мировой науки» (Белгород, 2013); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы проектирования и возведения зданий и сооружений с учётом энергосберегающих технологий и методов строительства» (Пенза, 2012); международной научно-технической конференции «Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве и хозяйстве» (Пенза, 2013); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного строительства» (Пенза, 2013); международной научно-технической конференции «Безопасность и эффективность строительных конструкций» (Пенза, 2013); международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы городского строительства» (Пенза, 2013).

Внедрение результатов исследований. Результаты исследований использованы ООО «Пензаагропроект» при проведении мероприятий по повышению тепловой защиты зданий в г.Пензе, ООО «Гражданпроект» и ОАО «Пензастрой» при проектировании и реконструкции малоэтажных зданий.

Разработанные методики энергосбережения и программный продукт для ЭВМ внедрены в учебный процесс при подготовке курсов лекций и практических занятий по дисциплинам «Строительная физика», «Архитектурно-строительные основы энергосбережения», «Архитектура», в курсовое проектирование по направлению «Строительство» для инженеров и бакалавров.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 19 научных работ, из них 15 работ – в российских рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем научных изданий – 4,8 печ.л., авторский вклад – 2,2 печ.л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов по результатам исследований, списка литературы из 126 наименований. Работа изложена на 172 страницах машинописного текста, содержит 103 рисунка, 12 таблиц. Имеет 7 приложений, изложенных на 27 страницах.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

1.1 Концепция малоэтажного строительства

Об актуальности малоэтажного домостроения свидетельствует то, что почти 2/3 россиян предпочитают жить в отдельных домах. Проводимые опросы показывают, что подавляющее большинство нуждающихся в жилье предпочли бы жить в малоэтажных индивидуальных домах в пригороде (63%), а не в многоэтажных домах в городе (26%) [46].

Темпы строительства малоэтажного жилья могут значительно превышать темпы строительства многоэтажных домов при наличии базы малоэтажного домостроения [67]. Малоэтажное жилище, оборудованное современными инженерными системами, обеспечивающими комфорт и энергоэффективность, – это жилище XXI века, в отличие от многоэтажных домов, представляющих собой все то же жилище индустриальной эпохи. Также заметно возрос спрос на двух-, четырехэтажные блокированные дома (таунхаусы), так как площадь квартир в них, как правило, больше, чем в квартирах многоэтажных домов.

В настоящее время разрабатываются новые подходы к организации и строительству объектов массовой малоэтажной застройки [4]. Планируемые объемы малоэтажного строительства к 2015-20 гг. должны составить 65-70% от общего объема возводимого жилья, а количество строящихся индивидуальных домов – 1 млн в год [47].

Особую актуальность в малоэтажном домостроении приобретает его долговечность, в связи с массовыми поставками на рынок жилья зданий, которые возведены с помощью новых технологий и строительных конструкций [99].

Проблема малоэтажного жилищного строительства в России, несмотря на кажущуюся простоту, является одной из сложных, так как современные малоэтажные дома весьма многотипны как по архитектурно-конструктивным

решениям, так и по применяемым материалам, инженерному оборудованию и технологиям строительства. В зависимости от платежеспособности населения и формируется предложение на жилье различного уровня комфорта, реализуемое на всех этапах его жизненного цикла от проектирования до строительства и эксплуатации [52, 53, 112, 113].

Отличительные особенности малоэтажных зданий представлены на рисунке 1.1 [4].

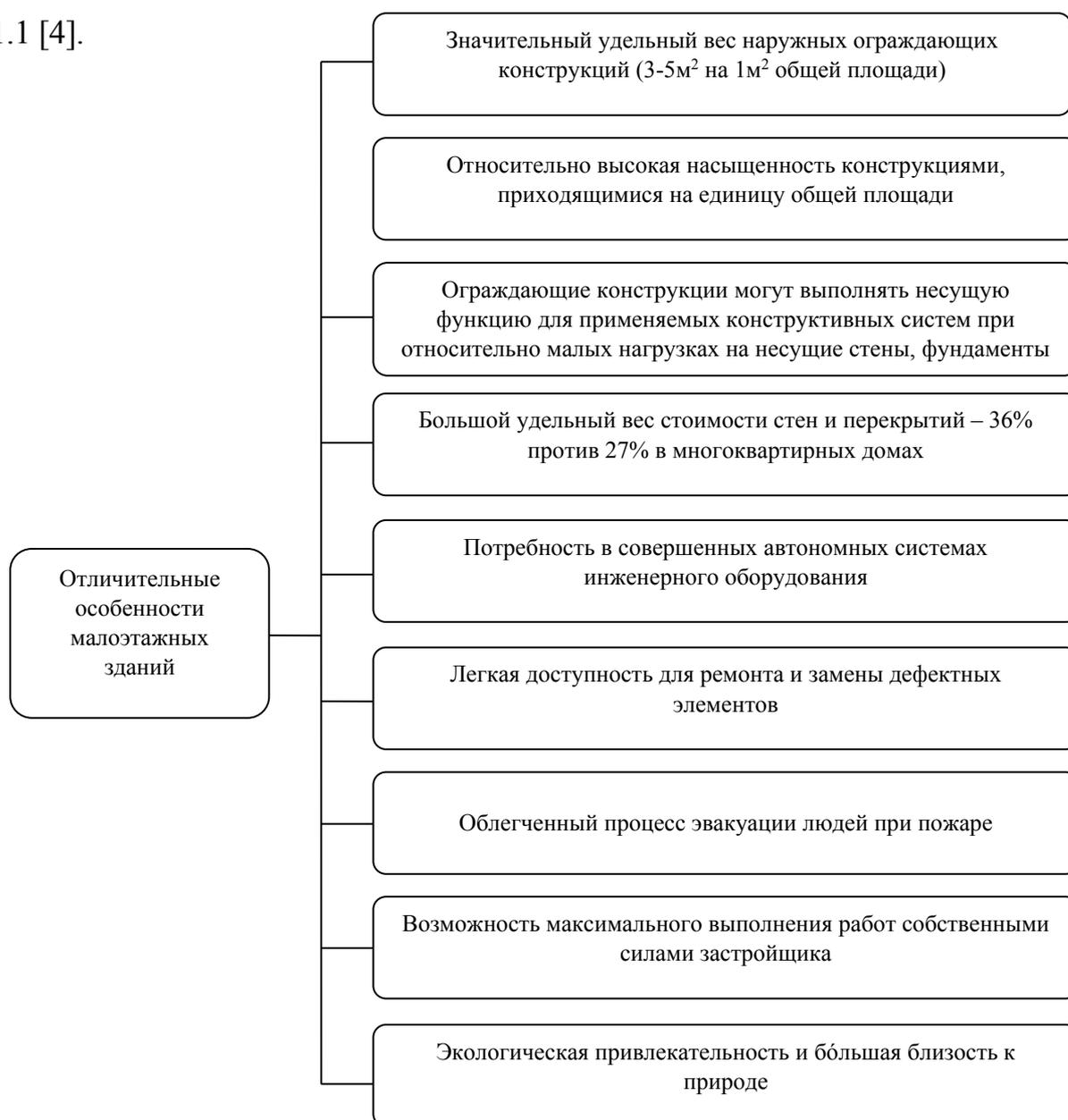


Рисунок 1.1 – Отличительные особенности малоэтажных зданий

По данным [78], общие трансмиссионные теплопотери для жилых зданий через окна, стены составляют около 30-45% от всей потребляемой зданием тепловой энергии. Доля теплопотерь через стены зависит от их сопротивления теплопередаче и составляет от 8 до 20%.

Наибольший интерес представляют малоэтажные энергоэффективные здания, в которых упор делается на использование альтернативных источников энергии при условии их технической осуществимости и экономической обоснованности.

Авторы [66] также считают, что в связи с тем, что большой процент населения в настоящее время отдает предпочтение малоэтажным домам усадебного типа, вопросы снижения тепловых потерь при транспортировке энергоносителя и отоплении этих зданий становятся наиважнейшими государственными задачами.

1.2 Внедрение способов повышения тепловой эффективности зданий

В России проблема внедрения энергоэффективных технологий является одной из ключевых. Отопительный сезон на многих территориальных образованиях европейской части России продолжается большую часть года, а на севере – от 9 до 10 месяцев. Для получения достоверной информации о фактическом энергопотреблении требуется высокое качество выполнения теплозащитной оболочки здания. Построенные здания очень часто отличаются от проекта, технологии устройства наружных ограждающих конструкций в реальных условиях строительной площадки нарушаются, и, в конечном счете, создается здание с повышенным энергопотреблением [27, 117].

Многие аспекты вопросов, касающихся энергоэффективности зданий и их конструкций, освещены в работах отечественных ученых Фокина К.Ф., Васильева Б.Р., Богословского В.Н., Хлевчука В.Р., Самарина О.Д., Ливчака В.И. [22, 26, 47, 48, 104], Ильинского В.М., Франчука А.У., Ушкова В.Ф., Табунщикова Ю.А., Гагарина В.Г., Бодрова В.И., Бодрова М.В., Иванова В.В., Куприянова В.Н., Лобо-

ва О.И., Ананьева А.И., Дацюк Т.А., Берегового А.М., Монастырева П.В., Вытчикова Ю.С., Гримитлина А.М., Таурит В.Р., Уляшевой В.М. и зарубежных авторов: Бекмана У., Зоколя С.В., Андерсона Б., Клейна С. и др. [2, 5, 43, 73, 95].

Российское строительство и жилищно-коммунальное хозяйство в настоящее время расходуют значительные средства из-за того, что в прошедшие годы потребители, проектировщики и строители были ориентированы на использование дешевых энергоресурсов и технологий с применением электрической энергии в качестве универсального вида энергии [65]. В настоящее время, когда цены на энергоресурсы, в том числе на электроэнергию, резко возросли, необходим переход на более эффективные строительные технологии и использование более дешевых видов энергии [12].

Согласно утвержденным Правилам, разработанным в соответствии с [102], «требования энергетической эффективности подлежат применению при проектировании, экспертизе, строительстве, вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации построенных, реконструированных или прошедших капремонт отапливаемых зданий, строений и сооружений, оборудованных теплотребляющими установками, электроприемниками, водоразборными устройствами или устройствами для использования природного газа, с целью обеспечения потребителей энергетическими ресурсами и коммунальными услугами».

Как отмечено в работе [62], в условиях возрастающего спроса на энергоресурсы и роста их стоимости большое значение имеет снижение теплотерь зданий и сооружений. Особенно актуальной эта проблема представляется для малоэтажных зданий, так как в них от 80 до 100% угловых помещений. На 1 кв.м жилой площади в малоэтажном доме площадь наружных ограждений, включая цокольное и чердачное перекрытия, может быть в 4-5 раз больше, чем в многоэтажном.

Снижение энергопотребления в строительном комплексе в целом и, в частности, в жилищно-коммунальном хозяйстве – одна из главных задач повышения экологической и энергетической эффективности экономики России [94].

Авторы [38] справедливо отмечают, что после выхода нормативных документов по тепловой защите зданий появились жилые дома, спроектированные с учетом современных требований. Однако существующий жилищный фонд по-прежнему остается без каких-либо существенных изменений, что не позволяет в полной мере решить проблему энергосбережения.

Согласно [98], к 2020 г. планируется на 40% снизить энергоемкость строительства. С этой целью дома малой этажности требуется проектировать и возводить по классу энергетической эффективности «В», а снижение нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление должно составлять не менее 20% от указанного в задании на проектирование.

Существует ряд причин (рисунок 1.2), объясняющих желание индивидуальных застройщиков использовать высокие инженерные технологии при строительстве малоэтажных домов [89].

Снижение теплотребления в зданиях зависит от различных факторов, таких как этажность, геометрические и объемно-планировочные характеристики, коэффициент остекленности и другие, о чем, в частности, говорит автор [51].

В настоящее время при проектировании и строительстве зданий используют гелиоактивные ограждающие конструкции, в частности гелиоактивные стены.

Такие стены представляют собой ограждения, в которых конструктивно соединены коллектор солнечной энергии и теплозащита [97]. Из-за суровых климатических условий России часто предпочтение отдается коллекторам с воздушным теплоносителем, так как в жидкостных возможны коррозия, течь, замерзание системы и др. По данным [25], общее количество солнечных установок в мире превышает 180 млн м², а в России пока построено около 15 тыс. м².

Следует учесть, что существенная доля теплотерь приходится на светопрозрачные конструкции (через 1 м² остекления теряется в 6-7 раз больше теплоты, чем через 1 м² стены). Кроме этого, большая часть территории России расположена в холодном климате, что значительно увеличивает эти теплотери. Поэтому следует рассмотреть комплекс мер, направленных на увеличение тепловой эффективности этих элементов зданий.



Рисунок 1.2 – Причины использования высоких инженерных технологий при строительстве малоэтажных домов

Энергоэффективность светопрозрачных ограждающих конструкций рассматривается в работах [28, 75, 110, 111].

Авторы [8, 96] отмечают, что в некоторых случаях уместнее сократить площадь окон до минимально допустимого значения и совместить с гелиоколлектором стены, так как теплозащитные свойства здания, имеющего такой фасад, значительно возрастут. Кроме этого будет создана имитация сплошного остекления, к чему стремятся многие архитекторы.

Табунщиков Ю.А. [91] предлагает решить проблему повышения теплозащиты окон в ночное время путем использования межстекольных экранов, выполненных из эффективных теплоизоляционных материалов. Окно в данном случае рассматривается в качестве конструкции с переменной теплозащитой, которая зависит от времени суток: дневного или ночного.

В публикации [75] О.Д. Самариным и А.В. Бушовым для снижения теплопотерь светопрозрачных конструкций здания предлагается устройство экрана из непрозрачных пластин, установленного с наружной стороны окна. Такие пластины, обладая хорошими теплозащитными качествами и создавая дополнительную воздушную прослойку, позволяют уменьшить поток теплоты, который излучается остеклением наружу, если опускать их на ночь. Также авторами рассматривается вариант установки штор или жалюзи (в данном случае это система горизонтальных пластин, соединенных гибкими связями) со стороны помещения, при условии, что поверхность отопительного прибора, расположенного под окном, не будет закрыта. При таком способе снижение теплопотерь достигается за счет уменьшения потока лучистой теплоты.

Еще одним инновационным направлением в этой области является использование вакуумных стеклопакетов, в которых не может происходить конвективный перенос тепла [122]. Применение такого стеклопакета позволяет создавать более легкие и теплозащитные оконные конструкции.

Кроме этого, помимо значительного разнообразия архитектурно-композиционных и объемно-планировочных конфигураций, эффект энергосбережения может быть достигнут посредством пристраивания и встраивания дополнительных объемов и блокировки многоквартирных домов, а также созданием подземного общественного пространства [52].

Большое значение применение энергосберегающих мероприятий имеет не только в отношении строящихся зданий, но и в отношении уже существующих зданий старой постройки. При проведении работ по реконструкции тепловой защиты в Тюмени был создан целый энергоэффективный квартал, где в домах, построенных относительно давно, были проведены работы по ремонту и замене

фасадов, кровли, инженерных коммуникаций, выполнена модернизация внутридомовых систем отопления, оконных блоков. Впоследствии комплекс таких работ планируется провести в масштабах целого города [123].

Вопросы контроля и учета расходуемой энергии, по мнению Ливчака В.И. [55], приобрели особую актуальность. В зданиях необходимо предусматривать автоматизированный узел управления системой отопления, который позволяет оптимизировать подачу тепла на отопление и избежать лишних тепловых потерь [54].

Кроме того, согласно п.7 ст.13 [102], «многоквартирные дома, вводимые в эксплуатацию с 1 января 2012 года, после осуществления строительства, реконструкции должны быть оснащены индивидуальными приборами учета используемой тепловой энергии».

При наличии таких приборов в квартирах у жильцов появляется возможность сравнить фактические показатели счетчиков с нормируемыми, указанными в нормативной документации, и оценить энергосберегающие мероприятия.

Методы оценки эффективности применения энергосберегающих решений отмечены в [90] и приведены на схеме (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Методы оценки эффективности применения энергосберегающих решений

Согласно мнению авторов [39], на экономический расчет целесообразности внедрения того или иного энергосберегающего мероприятия оказывает влияние целый ряд факторов. Для каждого конкретного случая внедрения этих мероприятий разрабатывается экономическая модель, учитывающая как особенности рассматриваемого здания и различные варианты его тепловой защиты, так и топливно-энергетические и экономические особенности региона.

1.3 Отечественный и зарубежный опыт строительства зданий с энергосберегающими конструкциями

В настоящее время накоплен достаточный опыт отечественного и зарубежного строительства с энергосберегающими конструкциями, однако в России из-за отсутствия широкой государственной поддержки, недостаточно большой методической и информационной базы проектирования и малого количества экспериментальных построек такое строительство все еще не получило широкого распространения [108]. В европейских странах на энергопотребление зданий расходуется 20-22% от общего потребления тепловой энергии, а в России – 43-45%. Это свидетельствует о том, что в России существует значительный потенциал энергосбережения.

Проблема энергосбережения всегда стояла остро для стран Европы, где более половины энергопотребления удовлетворяется за счет импорта энергоресурсов. Это стало импульсом для широкого внедрения возобновляемых источников энергии в жилищном секторе и улучшения общего экологического качества зданий в Европе (микроклимат помещений, городская среда) [65].

В конце XX и в начале XXI века большое распространение в мировой строительной практике получили следующие концепции строительства энергосберегающих зданий: энергоэффективные здания, здания с низким энергопотреблением, здания с ультранизким энергопотреблением, пассивные здания, здания высоких технологий, здания с нулевым энергопотреблением, «умные» здания, здания биоархитектуры, Sustainable Buildings (экологически устойчивые здания).

Французским исследователем Тромбом предложена пассивная система теплоснабжения здания с элементами (шторы, клапаны), позволяющими более точно регулировать температуру воздуха внутри помещения, эта система впоследствии была усовершенствована австралийским ученым Зоколеем и шведскими специалистами Адамсоном Б. и Хидемарком В. [42].

В развитых странах Запада выполняется широкий фронт исследований по снижению общего энергопотребления зданий, повышению их энергетической эффективности и расширению использования возобновляемой энергии. Кроме того, малоэтажные дома – практически основной тип жилья на западе с безграничным диапазоном условий применения энергосберегающих мероприятий [4].

В настоящее время в России существует ряд домов нового поколения, при строительстве которых использовались энергосберегающие конструкции [62]. Одним из примеров может служить здание, построенное в городе Барнауле [103]. Расположение здания позволяет увеличить теплопоступления от солнечной радиации за счет ориентации фасадов со светопрозрачными конструкциями на стороны света по ходу движения солнца: восток – юг – запад. В доме установлена механическая приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла входящего воздуха и с синхронизированными регулируемым притоком и вытяжкой в каждой квартире. Применена модульная система обработки воздуха с пластинчатым рекуператором, который позволяет использовать 60% тепла удаляемого воздуха. Удельный расход тепловой энергии на отопление ниже нормативного на 44%.

В г.Кондорово построено энергоэффективное здание, в котором предусмотрено использование возобновляемых источников энергии. Отопление и горячее водоснабжение обеспечиваются за счет геотермальной теплонасосной системы теплоснабжения, которая извлекает теплоту из грунта и направляет ее в систему отопления дома. В доме применены и другие активные и пассивные энергосберегающие технологии. Например, освещение мест общего пользования осуществляется от солнечных батарей.

Еще одним примером может служить дом в Казани, в котором установлены энергосберегающие окна с пятикамерным расширенным профилем, а пространство

между стеклами заполнено инертным газом. Солнечные батареи площадью 21 кв.м преобразуют солнечную энергию в электрическую мощностью 2,5 кВт.

В Хабаровске [48] построен четырехэтажный восьмиквартирный дом с тепловым насосом и с рекуперацией теплоты уходящего воздуха в системах вентиляции.

Компания «Мосстрой-31» [105] вместе с немецкими специалистами и архитекторами построила индивидуальный «пассивный» дом с низким энергопотреблением, оборудованный тепловым насосом. Потребление энергии на все нужды дома составляет около 5 кВт·ч на 1 м² полезной отапливаемой площади, что в 2-4 раза эффективнее любого типового дома.

1.4 Использование альтернативных источников энергии для удовлетворения энергетических потребностей зданий

По мнению зарубежных и отечественных исследователей, для малоэтажных зданий весьма выгодно использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Интерес к ВИЭ неуклонно растет на всех уровнях мирового сообщества не только из-за энергетической, но и из-за экологической безопасности [69]. В России вклад ВИЭ в энергетический баланс страны не превышает 0,5-0,7%.

Для России главным побудительным мотивом использования возобновляемых источников энергии является труднодоступность многих районов страны (особенно Сибирь) для централизованного энергоснабжения [1]. По некоторым оценкам, от 50 до 70% территории России с населением 50 млн чел. не охвачено централизованным электроснабжением. Для этих регионов использование возобновляемых источников энергии является особенно актуальным.

Так, в Краснодарском крае принят закон «Об использовании возобновляемых источников энергии» №723-КЗ от 07.06.2004 г. В этом крае ежегодно добывается до 10 млн куб.м геотермальной воды, производится 5 МВт фотоэлектрических модулей, эксплуатируется 126 солнечных водонагревательных установок, десятки тепловых насосов и малых ветроэлектростанций. Исследования показали,

что использование ВИЭ может обеспечить до 20% энергопотребления Краснодарского края [24].

Использование энергии солнечной радиации для горячего водоснабжения и отопления индивидуальных жилых домов позволяет избежать ущерба от аварийных и плановых отключений, улучшить экологическую ситуацию и избежать теплового загрязнения окружающей среды. Применение системы солнечного теплоснабжения может быть эффективным даже в широтах с невысокой солнечной активностью, если в здании предварительно провести некоторые энергосберегающие мероприятия [41].

Еще в 1930-х гг. академик А.Ф. Иоффе говорил о том, что будущее солнечной энергетики за прямым преобразованием солнечного излучения в электрический ток с помощью полупроводниковых фотоэлементов.

Сейчас большое распространение получили солнечные коллекторы, использование которых позволяет экономить энергию на отопление здания. Некоторые авторы [8, 43, 92, 96] считают, что энергетически рационально совмещать ограждающие конструкции здания с гелиоколлектором, имеющим воздушный теплоноситель для использования энергии солнечной радиации, так как такая гелиосистема одновременно выполняет роль системы теплоснабжения зданий и функцию теплозащиты.

Достаточно широкую известность приобрела концепция «солнечного» дома, в проекте которого большая часть энергетических потребностей обеспечивается теплом солнечной радиации, за счет чего затраты других энергоносителей снижаются на 40-60%. Реализованных проектов «солнечных» домов в мире довольно много. Их строят не только в теплых странах (Египет, Израиль, Турция, Япония, Индия, США) и в странах с умеренным климатом (Франция, Англия, Германия), но и во многих северных регионах (Швеция, Финляндия, Канада, Аляска).

В России, пока отстающей по проблеме развития «солнечного» домостроения, был создан проект жилого дома «СОЛ-1», где использовались исключительно элементы пассивной системы энергосбережения: две стены Тромба, гравийные

накопители тепла в полуподвальных помещениях, массивные перекрытия и стены. Аккумуляторами тепла служат сад и теплица, расположенные на втором этаже. В зимнее время расход тепловой энергии сокращается на 70%.

В Краснодарском крае существует целая «солнечная» деревня из 40 домов, на крышах которых установлены солнечные батареи.

В Томской области строится ветросолнечная электростанция, проектное решение которой может использоваться для электрификации труднодоступных поселков.

Использование тепла верхнего слоя земли как альтернативного источника энергии представляет интерес для одно- и малоэтажных зданий, которые имеют относительно большую площадь соприкосновения с поверхностью грунта [115, 116]. Аккумуляция тепла в подпочвенном слое грунта или в обваловке вокруг здания происходит в периоды высоких наружных температур летом и интенсивной солнечной радиации [26, 88]. Этот слой толщиной около 3 м представляет собой, по существу, находящийся под зданием мощный естественный аккумулятор низкопотенциальной энергии. Большой массив грунта, прилегающий снизу к зданию, а также окружающий подземный этаж или подвальное помещение, обладает значительной теплоаккумулирующей способностью и тепловой инерцией, на которые влияют также тепловыделения из надземной части здания через пол первого этажа.

Использование тепловой энергии грунта в качестве источника тепла имеет определенные преимущества, так как грунт является общедоступным материалом и амплитуда колебаний температуры прилегающих слоев грунта гораздо меньше, чем у наружного воздуха. Характерной особенностью естественного температурного режима грунта является запаздывание его минимальных температур относительно времени наступления минимальных температур наружного воздуха [74].

По мнению Бродач М.М. [23], концепция здания с нулевым энергетическим балансом основана на том, что здание может удовлетворять свои потребности за счет экологически чистых, возобновляемых источников энергии, таких, как солнечные батареи, энергия ветра, гидроэнергетическое и биотопливо. При этом

возобновляемая энергия должна вырабатываться в количестве равном или превышающем годовое энергопотребление здания. В этом случае источники возобновляемой энергии могут располагаться как внутри здания, так и на прилегающей территории.

В публикации [114] указано, что оптимальное соотношение между уровнем повышения энергетической эффективности и долей использования возобновляемых источников энергии позволяет сэкономить до 50% энергии благодаря только техническому переоснащению. Если кроме этого рационально утеплить наружные ограждающие конструкции здания, то снижение энергопотребления может составлять до 80% [8, 9].

1.5 Классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства на примере г.Пензы

Опорный жилой фонд в нашей стране состоит из большого количества разнообразных зданий, что осложняет их классификацию. В связи с этим при проведении исследований часто предлагается классифицировать составляющие жилого фонда по периодам их строительства, так как такой интегральный признак позволяет сформировать представление о конструктивном, объемно-планировочном решениях, материале несущих и ограждающих конструкций жилых зданий определенного периода застройки.

С учетом исторического анализа возводимого жилого фонда [49, 63], статистических данных, а также собственных натурных исследований опорный жилой фонд г.Пензы характеризуется семью периодами строительства:

- 1) дореволюционный период (до 1917 г.);
- 2) послереволюционный период (1917-1932 гг.);
- 3) довоенный период (1932-1944 гг.);
- 4) послевоенный период (1944-1958 гг.);
- 5) первый период индустриального домостроения (1958-1974 гг.);

б) второй период индустриального домостроения (1974-1990 гг.);

7) период современного жилищного строительства (с 1990 г.).

В первый период (дореволюционный) строились двух-, трехэтажные каменные здания, в которых размещались госучреждения и усадьбы помещиков и купцов, а также одно-, двухэтажные кирпичные и деревянные индивидуальные жилые дома смешанной конструкции. Большая часть названных зданий была построена с середины XVIII века по 1916 год.

Во второй период (послереволюционный), в связи с разрушением материально-технической базы, ход капитального строительства был приостановлен. Однако на территории города появлялись жилые здания малоэтажной усадебной застройки.

Во время третьего периода (довоенный) начали строиться первые здания по типовым проектам, однако большого размаха это строительство не получило из-за других масштабных государственных задач того времени.

Четвертый период (послевоенный) характерен формированием современной городской инфраструктуры. Возведение двухэтажных типовых и ремонт ветхих жилых домов выполнялись вначале военнопленными. А в 1950-х годах стали возводиться целые кварталы двух-, трехэтажных кирпичных жилых домов с использованием типовых проектов. Эти типовые проекты стали первым шагом к серийному проектированию, основанному на использовании комплексных объемно-планировочных решений, из которых были сформированы первые серии жилых зданий. За 10-15 послевоенных лет была создана внушительная градообразующая база.

В середине 50-х годов XX века в г. Пензе развернулось бурное жилищное строительство. Возводились двухэтажные шлакоблочные, четырехэтажные кирпичные серии 1-447, крупнопанельные серий 1-467, 1-464 жилые здания, что положило начало «первому периоду индустриального домостроения». Строительство серийного жилья стало возможным благодаря вводу в эксплуатацию сначала домостроительного комбината (ДСК-1), а позже заводов крупнопанельного

домостроения (КПД), железобетонных изделий (ЖБИ), «Стройдеталь-1» и еще одного домостроительного комбината (ДСК-2).

К моменту перехода ко второму периоду индустриального домостроения была сформирована производственная база, достаточная для перехода к капитальному строительству с использованием каталогов унифицированных изделий. С середины 70-х годов XX века развернулось интенсивное строительство пяти-, девяти-, а позднее и десятиэтажных крупнопанельных жилых зданий серий 125 и 90, а также кирпичных серии 86. Строительство жилья различных модификаций названных серий велось до середины 90-х годов XX века.

«Современное» домостроение началось в перестроечный период перехода экономики к рыночной модели и сопровождалось сокращением типового проектирования. Но в непростой экономической ситуации страны модернизация производства на предприятиях крупнопанельного домостроения в связи с введением новых требований к теплозащите зданий осуществлялась с большими трудностями. Однако именно эти требования стали причиной появления в строительном производстве прогрессивных конструктивных решений.

В целом, жилые здания разных периодов строительства различаются по этажности и габаритным размерам в плане, а, следовательно, и по общей площади. За относительную величину оценки жилого фонда принят показатель общей площади жилых зданий определенного периода строительства. Наглядно этот показатель для разных периодов строительства представлен в виде диаграммы на рисунке 1.4.

На диаграмме видно, что минимальное количество жилья было построено в первые четыре периода – дореволюционный, послереволюционный, довоенный и послевоенный, и значительно больше с конца 50-х годов XX века. Очевидно, что в жилых зданиях, которые были построены в три последних этапа, проживает большее количество горожан.

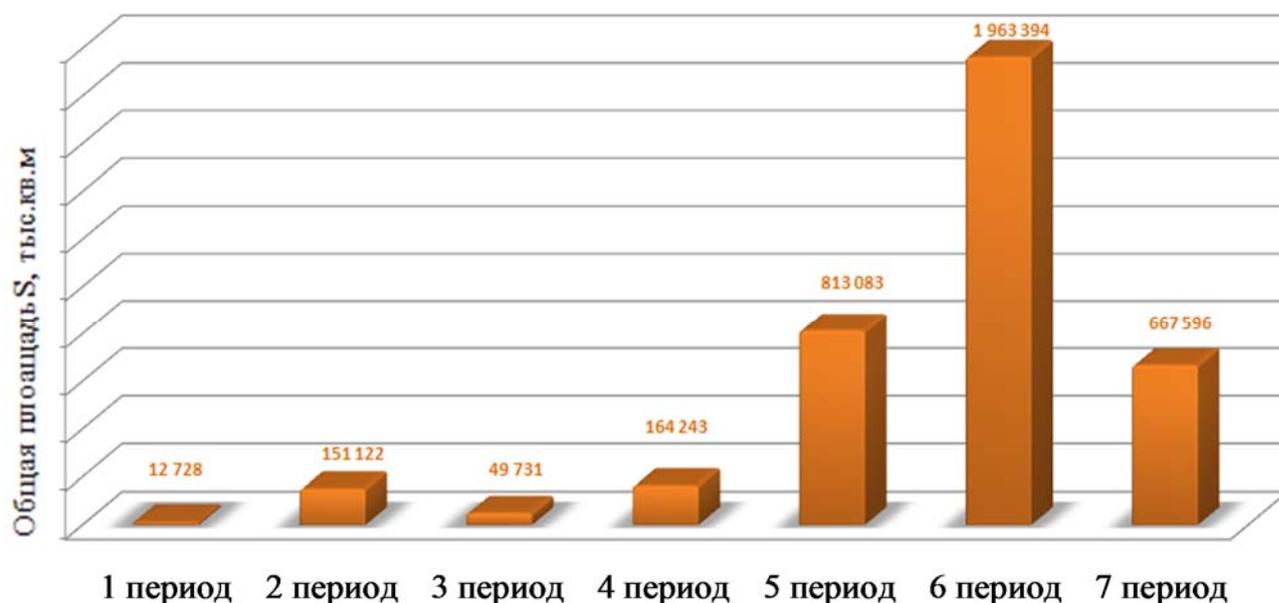


Рисунок 1.4 – Показатель общей площади зданий по периодам строительства для г.Пензы

В перечне, составленном в таблице 1.1, приведены типы жилых зданий, которые были построены, начиная с 1958 года, и нуждаются в термомодернизации.

Из приведенного перечня жилых зданий можно выделить несколько типов с наиболее характерными особенностями. В соответствии с таблицей 1.1 такими домами являются двух-, трехэтажные дома коттеджного типа, четырех-, пятиэтажные дома серий 1-447, 1-467, 1-464, а также пяти-, девятиэтажные дома серий 125, 90 и 86. Учитывая схожесть проблем в перечисленных зданиях, некоторые из них далее будут использоваться в качестве примеров для предлагаемых подходов и методик расчетов.

Таблица 1.1 – Здания массовых серий опорного жилого фонда г.Пензы, подлежащие термомодернизации

Годы постройки и здания	С 1957 по 1975 гг.								С 1976 по 1990 гг.							С 1991 г.															
	1-447	1-467	1-464	Иные серии и индивидуальные проекты					1-464	125	90	86	Иные серии и индивидуальные проекты				90 зональная	Индивидуальные проекты													
Этажность	4/5	4/5	5	1-3	4	5	6	9	5	5/9	9	5/9	1-3	4	5	9	10	1-3	4	5	6	9	10	12	14	17					
Стены	кирпич	панельные	панельные	кирпичные					панельные	панельные	панельные	кирпичные	кирпичные				панельные	кирпичные блочные	Кирпичные												
Кровля	мягкая, шиферная	мягкая	мягкая	мягкая, шиферная, металлическая					мягкая	мягкая				мягкая, шиферная, металлическая				мягкая	мягкая, шиферная	мягкая											
Крыша	скатная, совмещенная неветилируемая, совмещенная вентилируемая			скатная		совмещенная вентилируемая			совмещенная вентилируемая		холодный проходной чердак	теплый проходной чердак	скатная		бесчердачная вентилируемая		холодный полу-проходной чердак	скатная			бесчердачная вентилируемая										
Количество здания, шт.	71	169	52	18	26	9	3	12	56	201	181	124	12	7	16	13	71	31	24	4	8	6	11	5	8	11					

1.5.1 Жилые здания первого периода индустриального домостроения (1958-1974 гг.)

Первый период индустриального домостроения в г. Пензе был ознаменован строительством жилых зданий высотой до четырех этажей серии 1-447 (рисунок 1.5). Первые модификации домов этой серии возводились со скатной крышей, а позже – с совмещенной невентилируемой. По проектам более поздних модификаций этой серии возводились и пятиэтажные дома с совмещенной вентилируемой крышей.

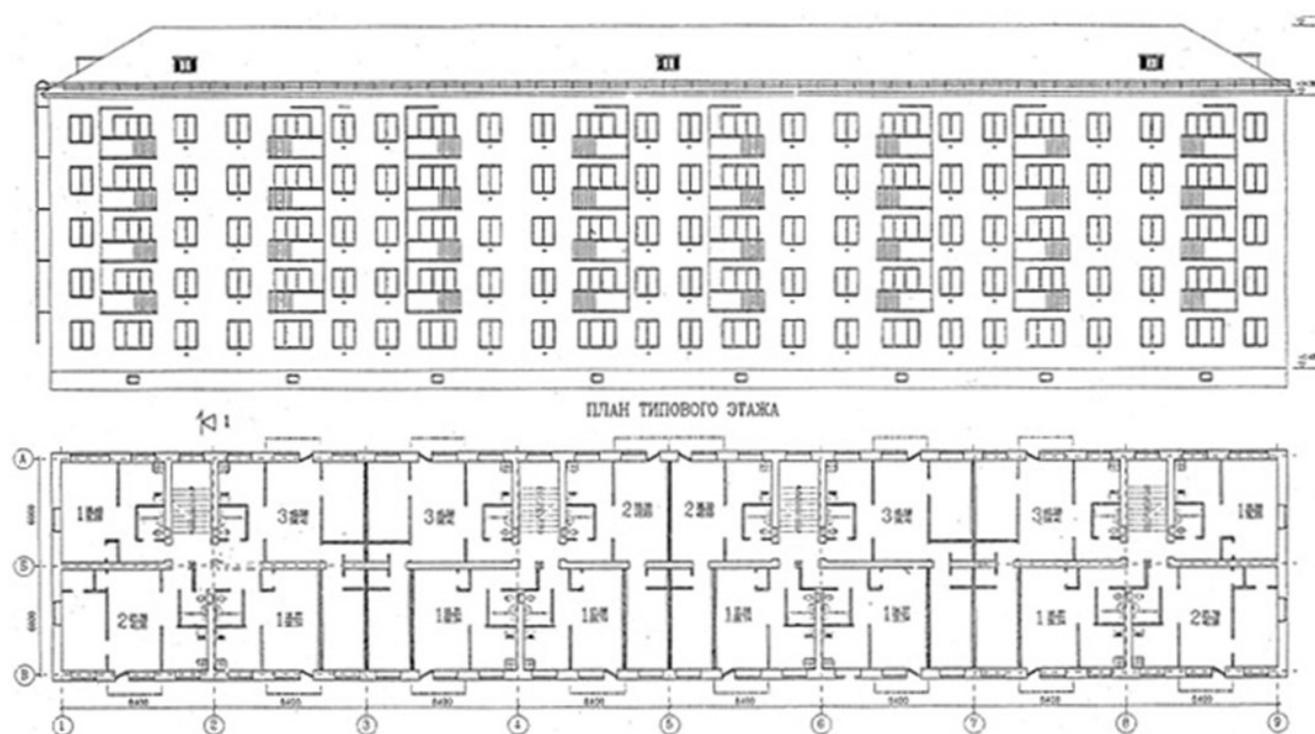


Рисунок 1.5 – Фасад и план жилого здания серии 1-447

Конструктивная схема зданий этого типа – двухпролетная с продольными несущими стенами. Основными конструктивными элементами являются сборные железобетонные фундаменты, круглопустотные плиты перекрытия толщиной 220 мм, наружные и внутренние кирпичные стены. Высота этажа составляет 2,8 м, а высота помещения – 2,5 м. Наружные стены жилых зданий серии 1-447 выполнены толщиной 550 мм из силикатного кирпича. С учетом внутреннего слоя штукатурки общая толщина стены составляет 570 мм. Приведенное сопротивление

теплопередаче наружных стен в соответствии с теплотехническим расчетом составляет $0,978 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

Оконные заполнения – деревянные блоки с двойными отдельными переплетами размером 1260×1470 , 1960×1470 (рисунок 1.6).

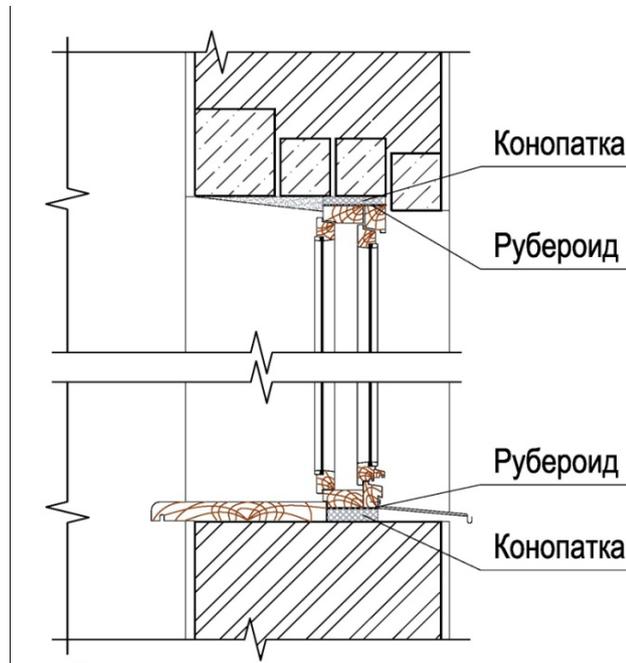


Рисунок 1.6 – Заполнение оконного проема жилого здания серии 1-447

Балконные железобетонные плиты толщиной 120 мм консольно зацементированы в наружных стенах.

Фасадная поверхность стен не отделана, а внутренняя – оштукатурена цементно-песчаным раствором. Кровельное покрытие – асбестоцементные волнистые листы или рулонные материалы. Водосток выполнен организованный и неорганизованный.

Вентиляционная система с естественным побуждением решена через каналы в стенах.

Стены выполнены однорядной цепной кладкой с наружной расшивкой швов (рисунок 1.7). Цоколь выполнен из кирпича глиняного обыкновенного с последующей штукатуркой цементно-песчаным раствором.

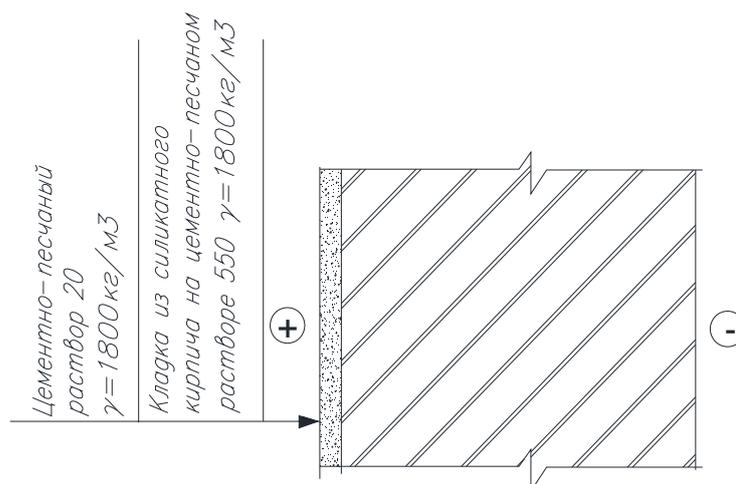


Рисунок 1.7 – Разрез по наружной стене жилого здания серии 1-447

Объемно-планировочные характеристики жилых зданий рассматриваемой серии сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Объемно-планировочные характеристики жилых зданий серии 1-447

Характеристики дома серии 1-447		Площади квартир общая/жилая		
		1-комнатная квартира	2-комнатная квартира	3-комнатная квартира
Этажность	4/5	28-32/15-20	41-44/28-33	40-57/26-41
Высота этажа, м	2,7			
Наличие лифта	Нет			
Наличие балконов	Нет			
Количество квартир на этаже	4			

В качестве утеплителя в составе чердачного перекрытия и вентилируемого совмещенного перекрытия (рисунок 1.8) использована засыпка шлаком толщиной 200-250 мм, $\gamma=800\text{ кг/м}^3$. Пароизоляцией служит рубероид, уложенный в два слоя. Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия составляет $2,4\text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$.

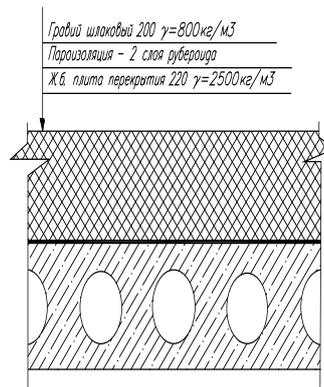


Рисунок 1.8 – Чердачное перекрытие жилого здания серии 1-447

При устройстве совмещенного неветилируемого перекрытия (рисунок 1.9) в качестве утеплителя также использовался слой шлака толщиной 200 мм, $\gamma=800\text{ кг/м}^3$, по которому укладывалась цементно-песчаная стяжка толщиной 30 мм.

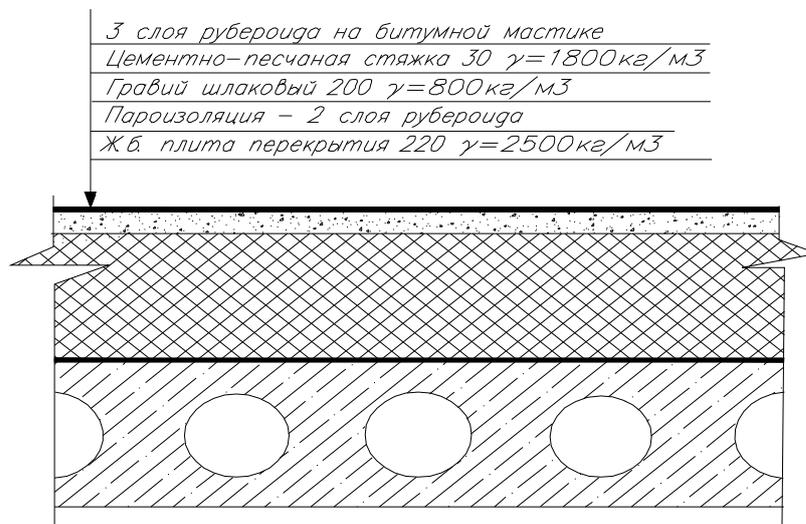


Рисунок 1.9 – Бесчердачное неветилируемое покрытие жилого здания серии 1-447

Пол по междуэтажным перекрытиям в жилых домах серии 1-447 (рисунок 1.10) выполнен дощатый по лагам, которые уложены по слою звукоизоляции из песка. При устройстве пола по перекрытию первого этажа в качестве

теплоизолирующего слоя использована засыпка из шлака толщиной 70 мм, $\gamma=800 \text{ кг/м}^3$.

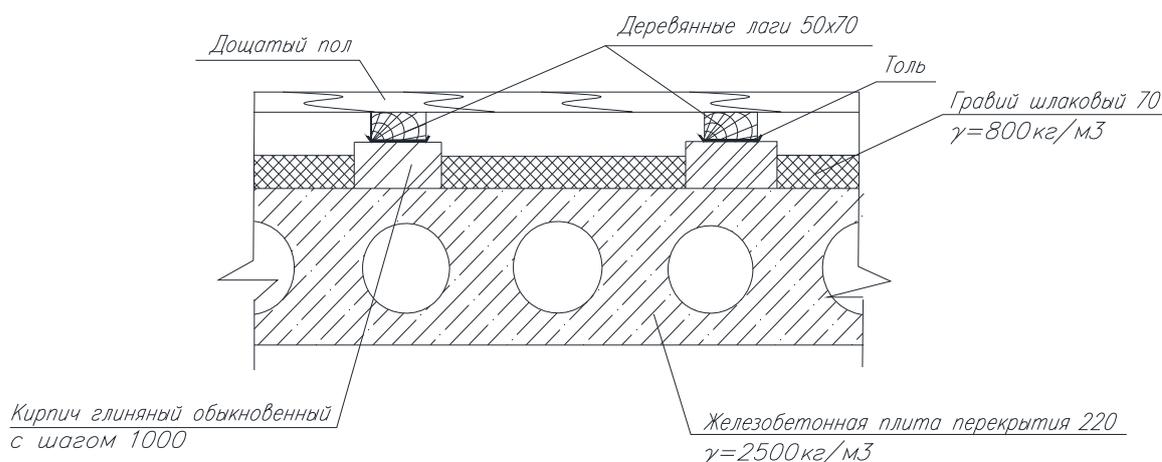


Рисунок 1.10 – Конструкция перекрытия над подвалом
в жилых зданиях серии 1-447

В первый период индустриального домостроения в г.Пензе, кроме жилых зданий серии 1-447, строились здания серий 1-467 и 1-464. Далее более подробно будет рассмотрена серия 1-464 (рисунок 1.11).

Жилые здания серии 1-464 имеют двухпролетную конструктивную схему с поперечными несущими стенами. Сборные железобетонные фундаменты, плиты перекрытия, а также железобетонные панельные внутренние и наружные стены составляют несущий остов таких зданий. Высота этажа составляет 2,8 м.

Первые жилые здания серии 1-464 имели совмещенную неветилируемую крышу, а позже – совмещенную вентилируемую. Кровля выполнялась рулонная с неорганизованным водостоком. Вентиляция решена через вентиляционные каналы во внутренних стенах.

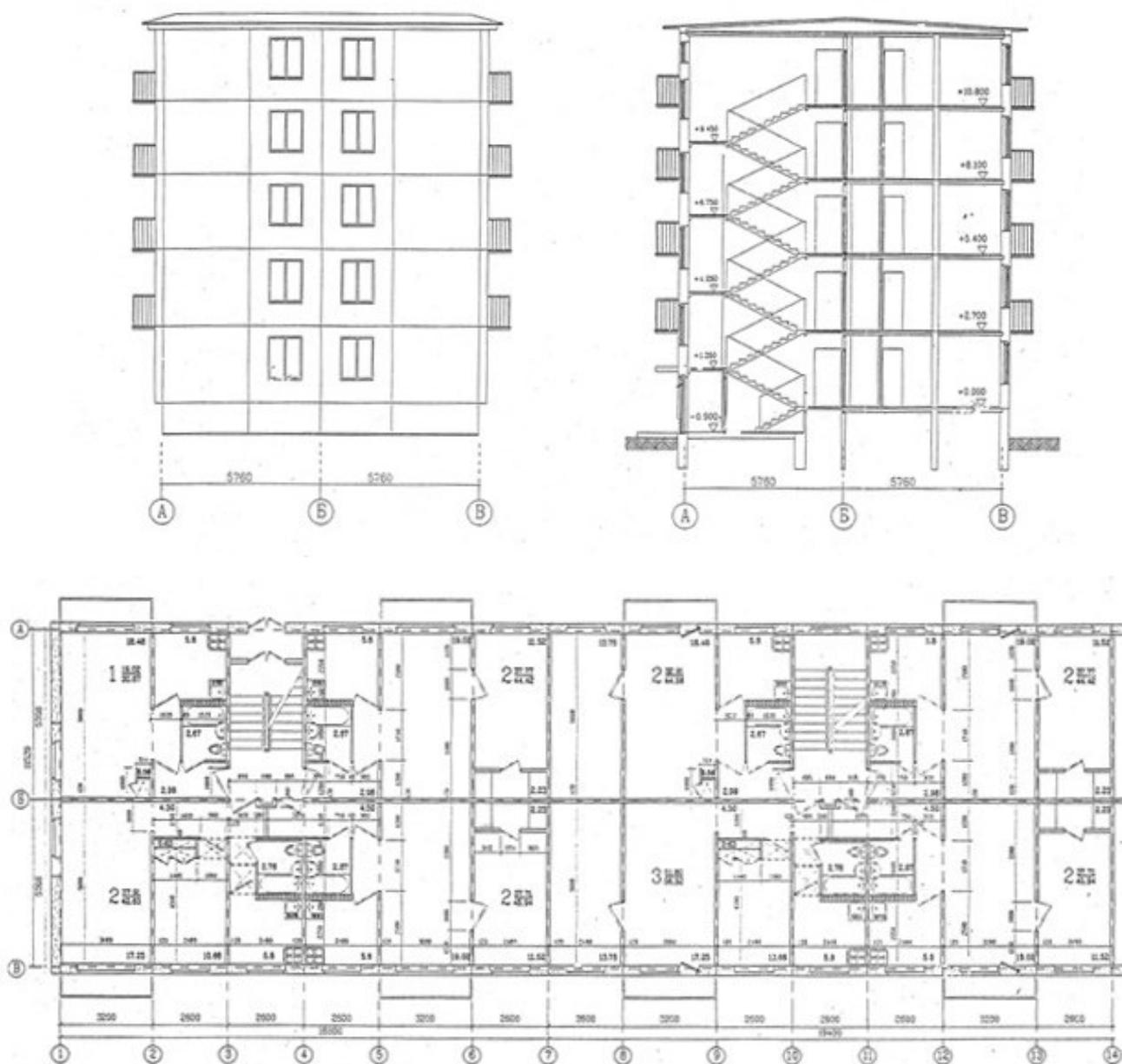


Рисунок 1.11 – Фасад и план жилых здания серий 1-467 и 1-464

Наружные стены жилых зданий такого типа (рисунок 1.12) представляют собой однослойную легковесную панель толщиной 400 мм с наружным декоративным покрытием – 20 мм и внутренним слоем из цементно-песчаного раствора – 5 мм. Общая толщина панели равна 425 мм. В соответствии с теплотехническим расчетом приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен зданий серии 1-464 составляет $1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

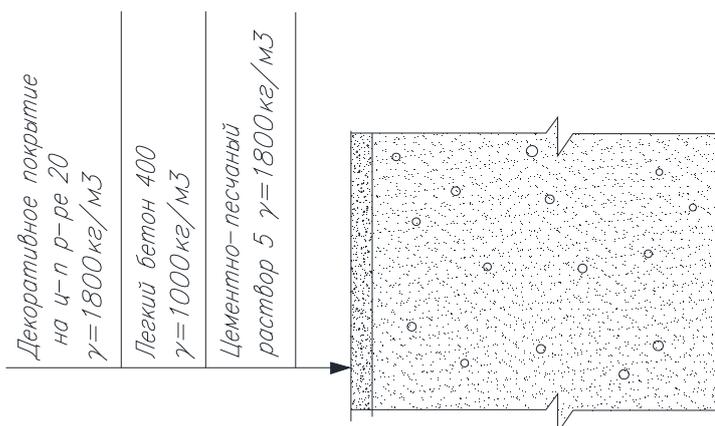


Рисунок 1.12 – Разрез по наружной стене жилого здания серии 1-464

Заполнение оконных проемов выполнено блоками размером 1500×1500, 2100×1500 (рисунок 1.13).

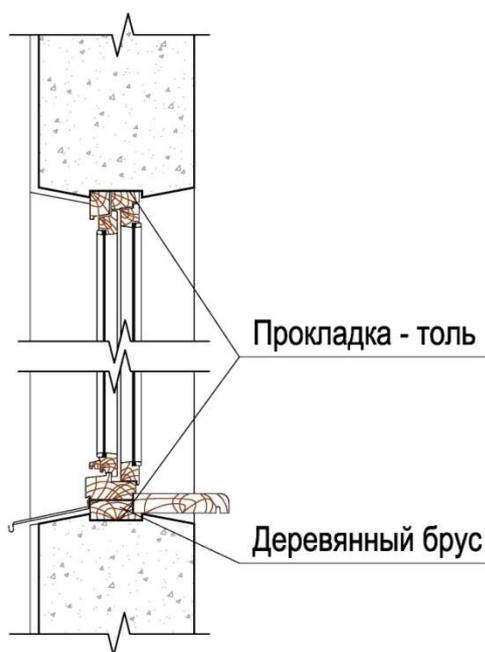


Рисунок 1.13 – Заполнение оконных проемов жилого здания серии 1-464

Чердачное перекрытие утеплено минераловатными полужесткими плитами $\gamma = 200 \text{ кг/м}^3$, толщиной 100 мм, в качестве пароизоляции применен один слой пергамина (рисунок 1.14). Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия такого типа составляет $1,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

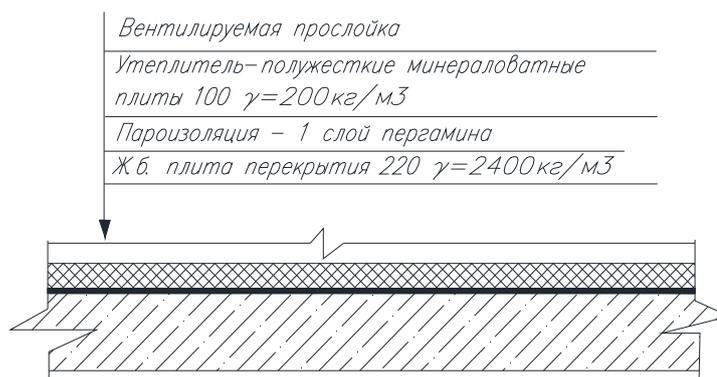


Рисунок 1.14 – Конструкция чердачного перекрытия
 в жилых зданиях серии 1-464

Пол в жилых зданиях серии 1-464 по междуэтажным перекрытиям выполнен из линолеума по выравнивающему слою цементно-песчаной стяжки. В конструкцию пола по перекрытию первого этажа добавлена древесноволокнистая плита толщиной 5 мм (рисунок 1.15).

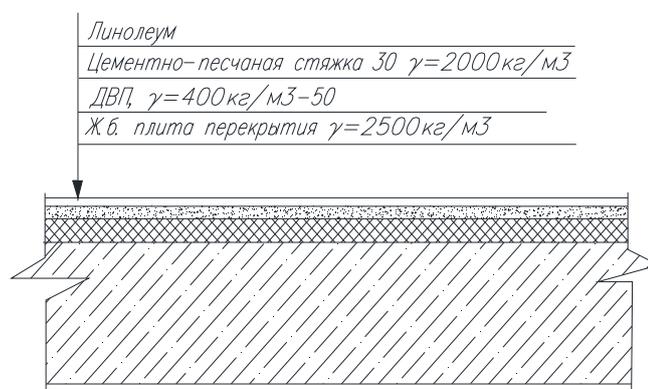


Рисунок 1.15 – Конструкция надподвального перекрытия
 в жилых зданиях серии 1-464

Кроме рассмотренных выше жилых зданий, в первый период индустриального домостроения строились двухэтажные здания, которые более подробно рассматривались в диссертационной работе (рисунок 1.16).

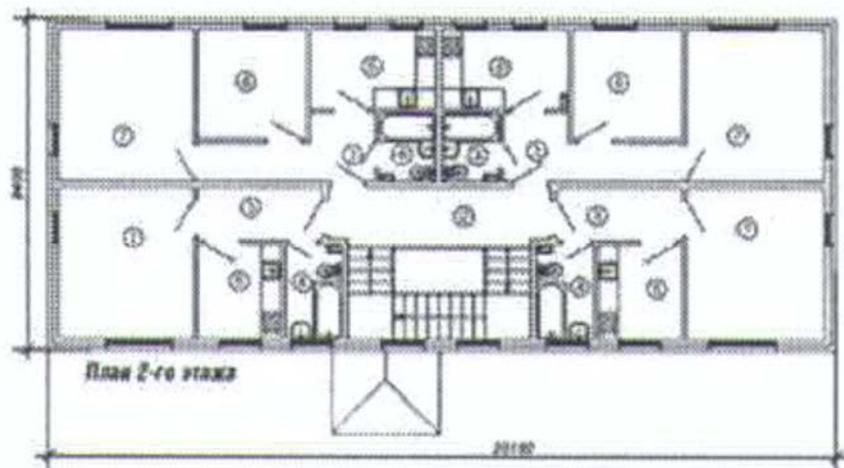
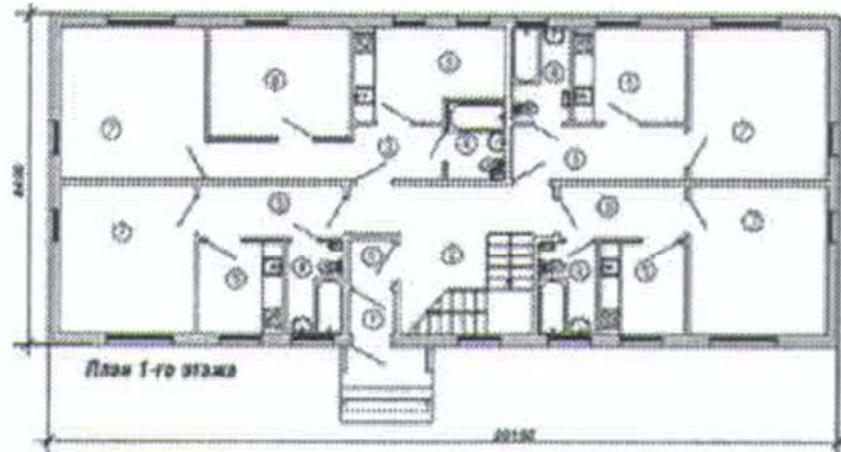


Рисунок 1.16 – Фасад и план двухэтажного жилого здания первого периода индустриального домостроения

Малоэтажные жилые здания первого индустриального периода имеют конструктивную схему с продольными несущими стенами. Фундаменты в таких зданиях, как правило, ленточные, бутобетонные. Конструкция перекрытия выполнена по деревянным балкам (рисунок 1.17).

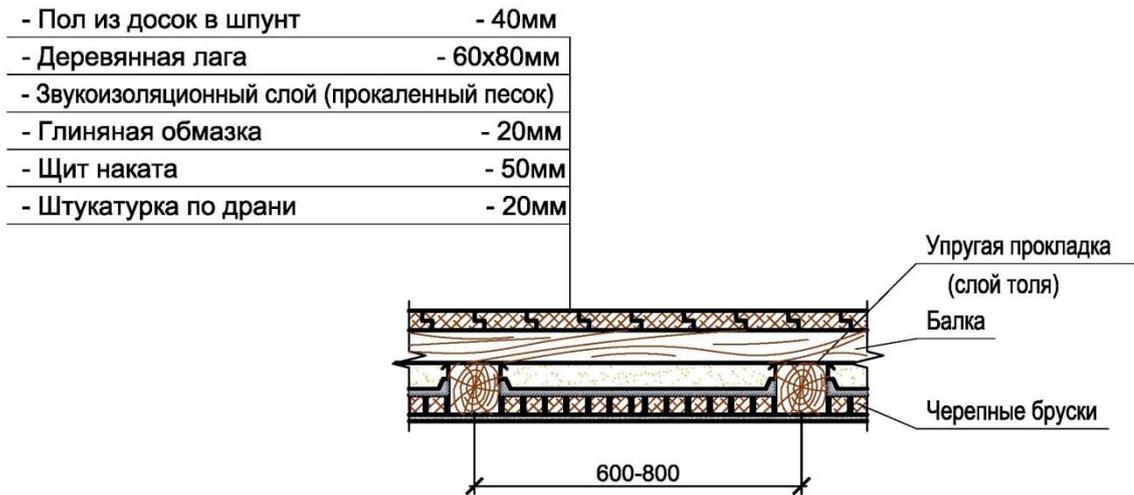


Рисунок 1.17 – Конструкция междуэтажного перекрытия по деревянным балкам малоэтажного жилого здания первого периода индустриального домостроения

Крыша в таких зданиях – скатная, с холодным чердаком. Утепление чердачного и надподвального перекрытий выполнялось в виде засыпки из шлака (рисунки 1.18, 1.19).

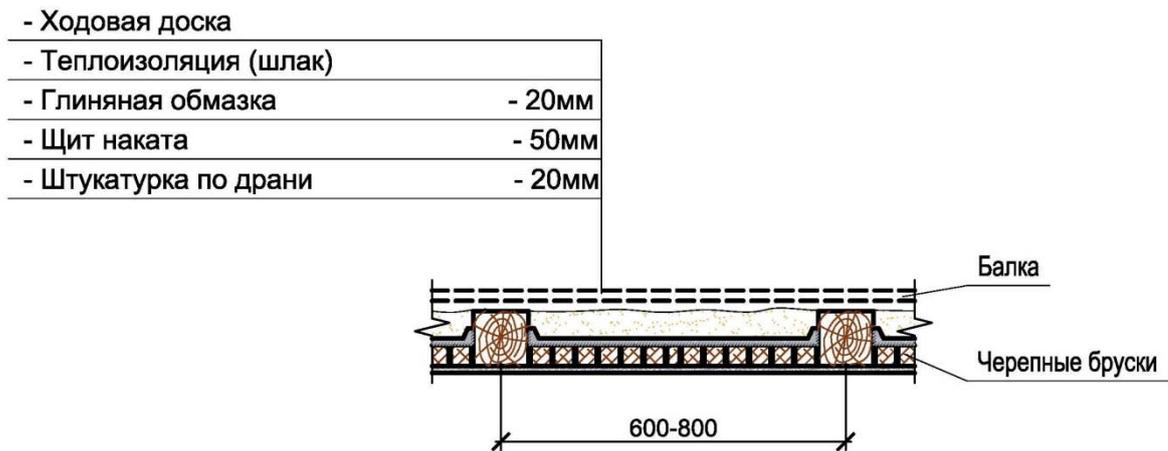


Рисунок 1.18 – Конструкция чердачного перекрытия по деревянным балкам малоэтажного жилого здания первого периода индустриального домостроения

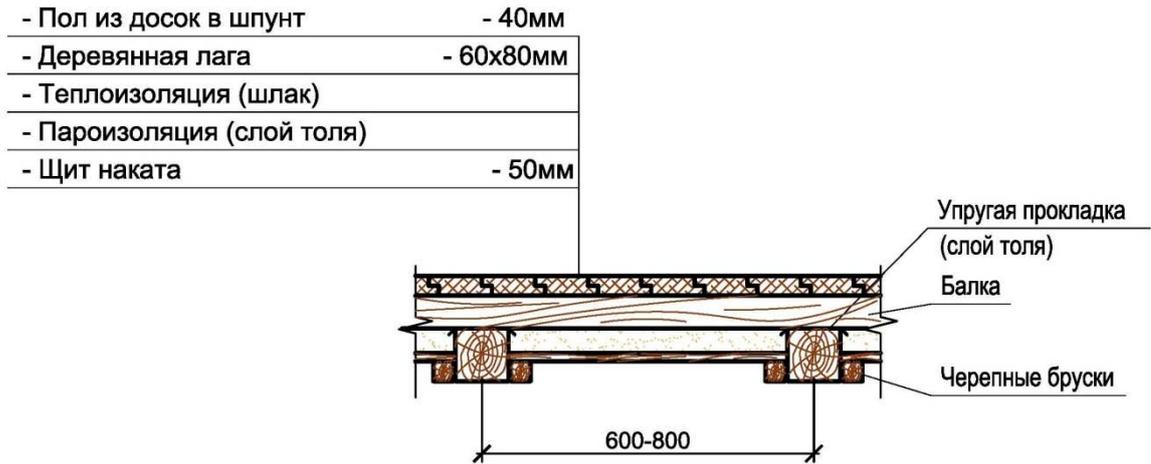


Рисунок 1.19 – Конструкция надподвального перекрытия по деревянным балкам малоэтажного жилого здания первого периода индустриального домостроения

Наружные и внутренние стены малоэтажных жилых зданий были выполнены из шлакобетонных блоков толщиной 400 мм или кирпича с внутренним слоем из цементно-песчаного раствора $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ (рисунок 1.20).

Заполнение оконных проемов в стенах из шлакобетонных блоков выполнено деревянными блоками с отдельными переплетами размерами 1360×1210 и 1210×1210. Оконные проемы в стенах из шлакоблоков не имеют четвертей, зазоры между проемом и оконной коробкой заполнены смоленой паклей, откосы оштукатурены. Подоконная часть наружной стены защищена сливом из кровельной стали (рисунок 1.20).



Рисунок 1.20 – Заполнение оконных проемов жилого здания первого индустриального периода домостроения со стенами из шлакобетонных блоков

Оконные проемы в кирпичных стенах выполнены с четвертями. Оконные блоки размером 1360×1210, 1210×1210 имеют отдельные переплеты (рисунок 1.21).

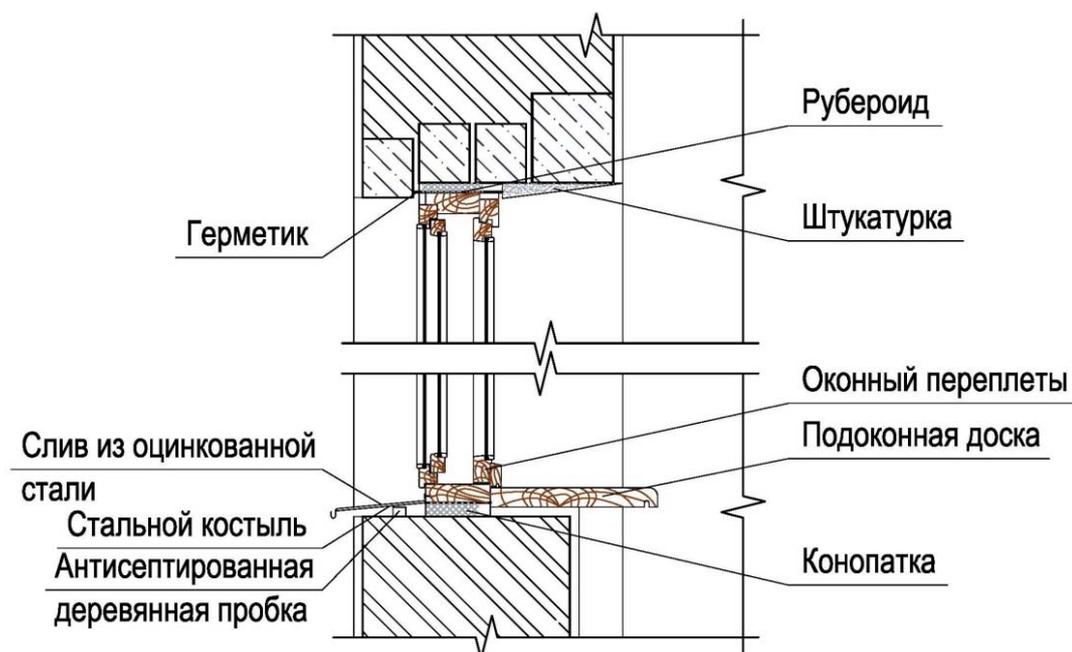


Рисунок 1.21 – Заполнение оконных проемов жилого здания первого индустриального периода домостроения со стенами из кирпича

1.5.2 Жилые здания второго периода индустриального домостроения (1974-1990 гг.)

Примером жилых зданий, построенных во второй период индустриального домостроения, могут быть пятиэтажные дома серии 86-04.01.86 (рисунок 1.22).

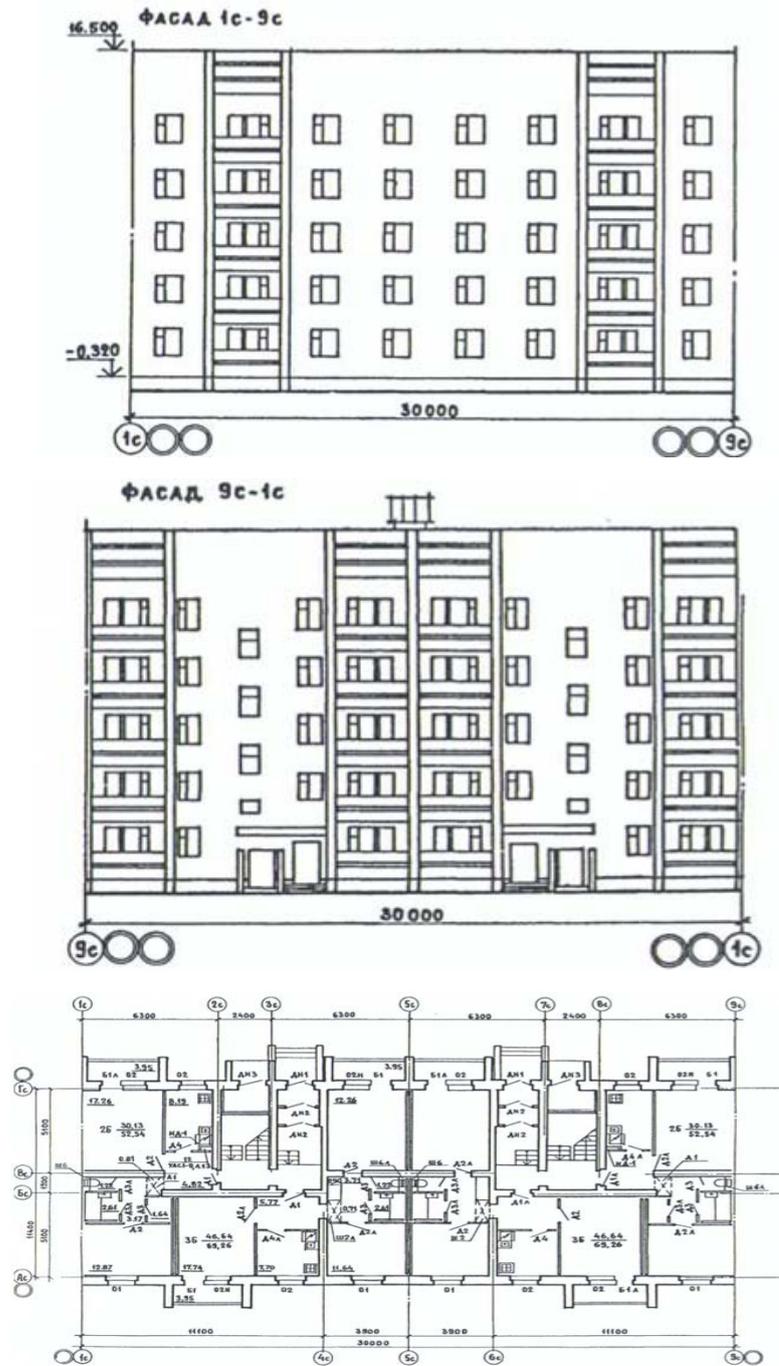


Рисунок 1.22 – Фасады и план жилого здания серии 86-04.01.86
второго индустриального периода домостроения

Конструктивная схема таких зданий была выполнена с продольными несущими наружными и внутренними стенами из кирпича. Толщина наружных стен 550 мм (с уширенным швом) (рисунок 1.23).

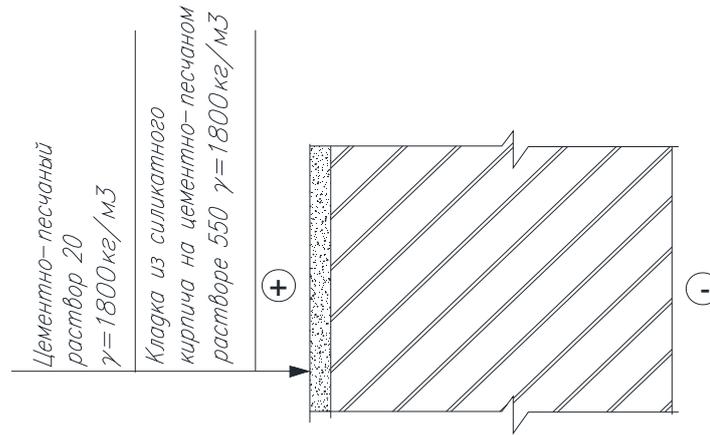


Рисунок 1.23 – Наружная стена пятиэтажного жилого здания серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения

Перекрытия над техническим подпольем, междуэтажные, чердачные и покрытия в подобных зданиях – сборные железобетонные толщиной 220 мм (рисунок 1.24). Покрытия устраивались утепленные, так как в рассматриваемых зданиях выполнялся теплый чердак (рисунок 1.25).

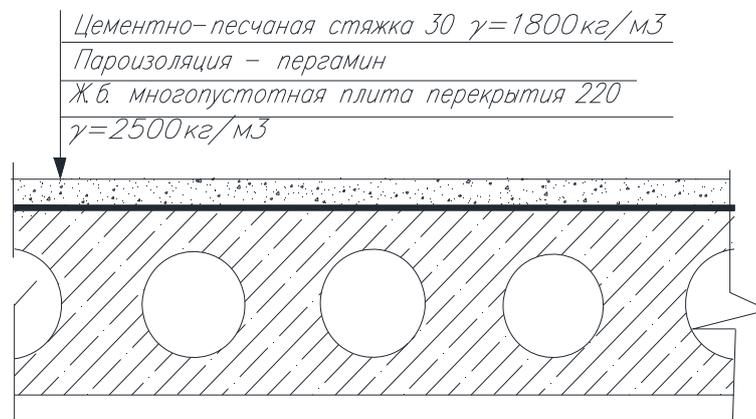


Рисунок 1.24 – Конструкция перекрытия над верхним этажом жилого пятиэтажного здания серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения



Рисунок 1.25 – Конструкция покрытия жилого здания серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения

По междуэтажному перекрытию выполнена стяжка из легкого бетона, по которой уложен линолеум на теплозвукоизолирующей подоснове (рисунок 1.26).

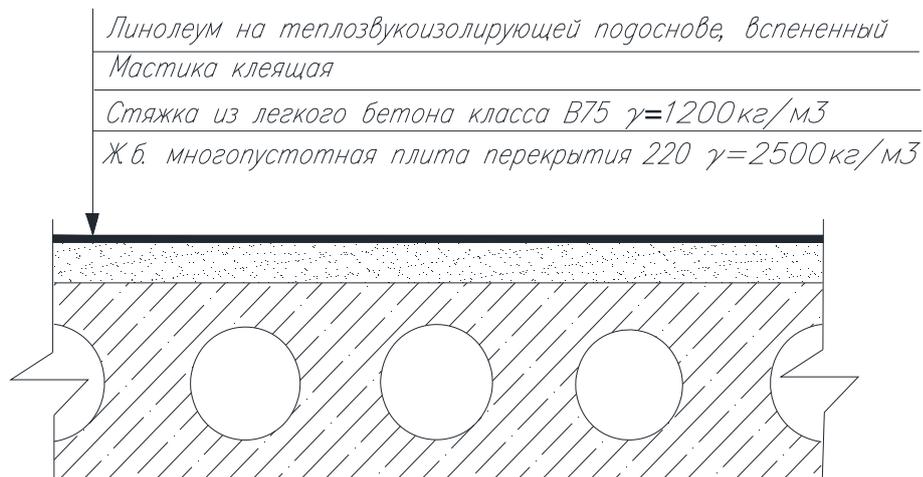


Рисунок 1.26 – Конструкция междуэтажного перекрытия жилого пятиэтажного здания серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения

Состав перекрытия над техническим подпольем в жилых пятиэтажных зданиях серии 86-04.01.86 показан на рисунке 1.27.

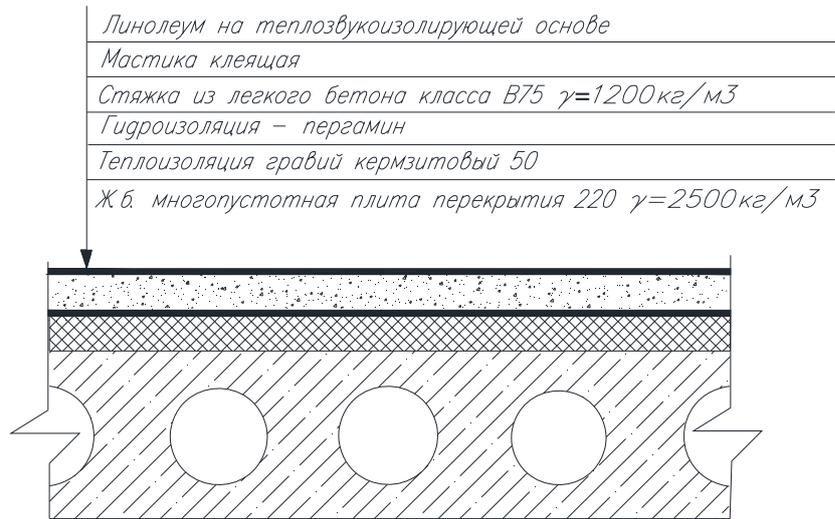


Рисунок 1.27 – Конструкция перекрытия над техподпольем жилого пятиэтажного здания серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения

Заполнение оконных проемов в пятиэтажных жилых зданиях серии 86-04.01.86 выполнено с применением деревянных оконных блоков со спаренными переплетами (рисунок 1.28). Однако в настоящее время многие оконные блоки из-за их большого износа за время эксплуатации заменены на стеклопакеты их ПВХ, что существенно снизило теплопотери через окна. Это относится и ко всем ранее рассмотренным примерам.

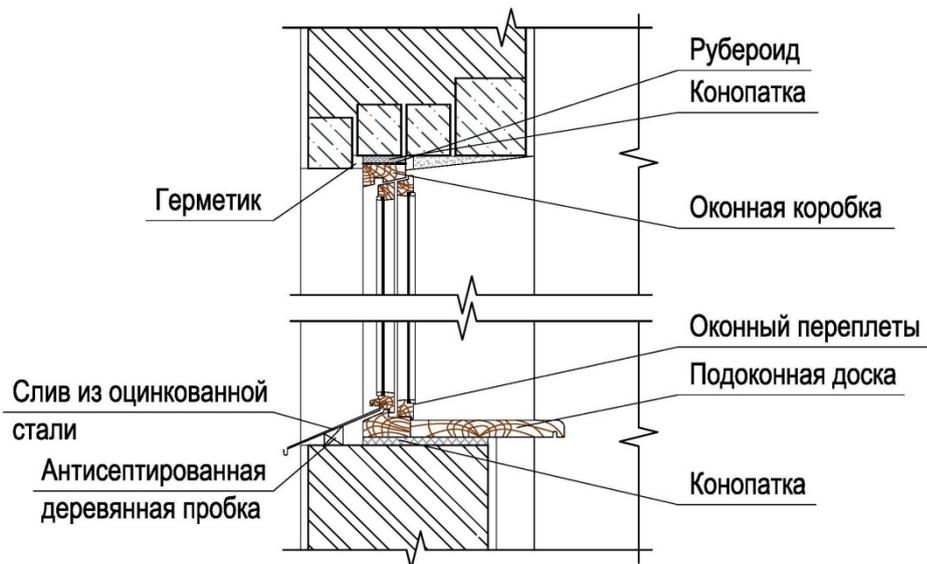


Рисунок 1.28 – Заполнение оконного проема жилого пятиэтажного дома серии 86-04.01.86 второго периода индустриального домостроения

Жилые здания средней этажности и многоэтажные, построенные в г.Пензе в разные периоды, детально не изучались, так как предметом исследования данной работы являются малоэтажные жилые здания.

1.6 Общие выводы

Анализ результатов исследований ученых и специалистов по данному направлению и разработанная классификация жилого фонда г.Пензы позволили сделать следующие выводы:

– несмотря на огромный потенциал энергосбережения в России не в полной мере используются все резервы для сокращения энергопотребления и повышения энергоэффективности малоэтажных зданий;

– не в полной мере решена проблема широкомасштабного проведения натурального контроля за состоянием наружных ограждающих конструкций зданий, что приводит к недостоверности сведений об энергоэффективности жилого фонда городов;

– не до конца исследован вопрос использования тепла земли при строительстве зданий, тогда как путем размещения вспомогательных помещений в подвальном пространстве можно достичь значительной экономии средств на отопление зданий;

– использование возобновляемых источников энергии позволяет обеспечить существенную экономию энергоресурсов при проектировании и реконструкции малоэтажных зданий;

– существует необходимость в более точной технико-экономической оценке энергосберегающих мероприятий в архитектурно-строительном проектировании и при реконструкции гражданских зданий;

– разработана классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства в г.Пензе, которая показала, что жилой фонд представлен большим массивом домов первого периода индустриального строительства, выполненных по конструктивной схеме с наружными несущими стенами из местных материалов, деревянными перекрытиями, крышами стропильной конструкции с засыпным утеплителем в «холодном чердаке».

ГЛАВА 2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ. АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Результаты многочисленных натуральных обследований тепловой защиты зданий, в том числе выполненные авторами [3, 36, 45, 62, 77, 79], позволяют получить более полную и достоверную информацию о техническом состоянии здания, наружных ограждающих конструкциях, тепловых потерях помещений и разработать оптимальный комплекс энергосберегающих мероприятий.

Натурные исследования тепловой защиты проводились автором на объектах г. Пензы и области в зимнее время эксплуатации в период с 2011 по 2016 гг.

2.1 Электронные приборы для проведения натуральных исследований

Температура и влажность внутреннего и наружного воздуха, а также атмосферное давление и скорость воздушных потоков измерялись с помощью метеометра МЭС-200 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Метеометр МЭС-200

Данный прибор оснащен щупами с датчиками, с помощью которых и производились необходимые замеры.

Пирометр инфракрасный С-110 (рисунок 2.2) использовался для бесконтактного измерения температуры поверхностей наружных ограждающих

конструкций обследованных зданий по их собственному тепловому излучению. Это оптико-электронный измерительный прибор, работающий в инфракрасной области электромагнитного спектра. Пирометром измеряли температуру на наружной поверхности стен обследованных зданий на основе регистрации выделяемого ими инфракрасного электромагнитного излучения.



Рисунок 2.2 – Пирометр инфракрасный С-110

Для измерения температур и относительной влажности применяли контактный цифровой термометр ТК-5.03 (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Контактный цифровой термометр ТК-5.03

Данный прибор состоит из электронного блока и трех сменных зондов, контакт которых с твердыми поверхностями, воздухом, различными сыпучими материалами и жидкостями позволяет измерить их температуру и влажность. В качестве термочувствительных элементов в зондах используются преобразователи термоэлектрические (ТТ) по ГОСТ Р 8.585. В качестве измерительного элемента в зондах относительной влажности используются емкостные датчики влажности.

Тепловизор testo 875-1 (рисунок 2.4), так же, как и прибор С-110, использовался для измерения температуры наружной оболочки зданий и выявления мест утечек тепла.



Рисунок 2.4 – Тепловизор testo 875-1

Действие прибора основано на конвертации тепловой энергии в электрические сигналы, которые тепловизор интерпретирует как видимое изображение.

Вентилятор канальный Домовент 125 ВКО (рисунок 2.5) предназначен для реализации различных систем вентиляции и использовался при проведении эксперимента в натуральных условиях по утилизации тепла массива земли под зданием. Вентиляторы серии ВКО эффективно работают в системах вентиляции, перемещая малые и средние объемы воздуха при малом аэродинамическом сопротивлении.

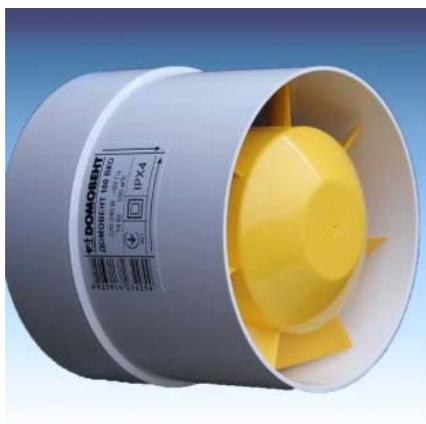


Рисунок 2.5 – Вентилятор Домовент 125 ВКО

Выбор этого типа вентилятора для проведения данного эксперимента объясняется рядом его достоинств: он может быть вынесен за пределы помещения, где осуществляется вентиляция и зафиксирован в любом положении; может монтироваться с воздуховодами диаметрами – 100, 125 или 150 мм. Установка вентилятора в системе вентиляции может осуществляться с применением любых видов воздуховодов: пластиковых, гибких, оцинкованных. Для неподвижного положения устройства применяются хомуты – пластиковые или металлические. Вентилятор может быть закреплен на стене, потолке, деревянной, бетонной или металлической строительной конструкции. Направление потока воздуха, обозначенное на корпусе, учитывали при монтаже устройства.

В конструкции вентилятора ВКО применен энергоэффективный двигатель, предназначенный для длительной или непрерывной работы. Управление двигателем можно осуществить путем подключения к обычному выключателю света.

Прибор Влагомер МГ4У (рисунок 2.6) использовался для измерения влажности древесины и других строительных материалов в конструкциях и сооружениях.



Рисунок 2.6 – Прибор Влагомер МГ4У

Прибор обеспечивает возможность контроля влажности сыпучих и волокнистых материалов (песок, засыпка, грунты, утеплитель), твердых материалов (бетон, растворная стяжка, штукатурка, кирпич) и древесины в лабораторных, производственных условиях и на открытом воздухе. Существует три режима измерения влагомера МГ4У: единичный замер, серия замеров с усреднением и режим непрерывного измерения для обнаружения участков повышенного влагосодержания.

2.2 Состояние тепловой защиты малоэтажных общественных зданий

2.2.1 Натурные исследования музыкальной школы №4

г.Пензы по ул.Бумажников

Результаты визуального осмотра здания, эксплуатируемого с начала XX века, позволили установить, что наибольший физический износ имеют утепляющий слой чердачного перекрытия и конструкции окон. Крыша имеет стропильную конструкцию и холодных чердак.

Утепляющий слой чердачного перекрытия. На чердачном перекрытии находится слой пылевидного шлака толщиной в среднем 35 см. Как теплоизоляционный материал за время долгосрочной эксплуатации здания он в значительной степени потерял свою основную теплозащитную функцию. Отсутствует цементно-песчаная стяжка на поверхности засыпки и не обнаружен пароизоляционный слой под засыпкой.

По этой причине здание школы в зимнее время испытывает большие тепловые потери. Температура внутреннего воздуха помещений верхнего этажа по данным инструментальных измерений в январе не превышала 16°C (при включенных электронагревателях).

Конструкции окон. В здании школы эксплуатируются окна в деревянных переплетах с двухслойным остеклением. В результате долговременной эксплуатации элементы переплетов практически всех окон подвергнуты значительному короблению, что не позволяет выполнить плотный притвор переплетов к коробкам. По этой же причине отмечены многочисленные случаи неплотного примыкания стекол к элементам переплетов.

Все это является причиной значительной инфильтрации холодного воздуха зимой в межстекольное пространство и помещения школы, что вызывает падение температуры внутреннего воздуха и рост тепловых потерь здания. Помимо этого, при наступлении резких похолоданий наблюдается выпадение конденсационной влаги на переплетах и примыкающих участках откосов окон и подоконных досок.

Значительное ухудшение теплозащитной функции конструкции окон, осложненное возникновением неконтролируемой воздухопроницаемости через неплотности соединений их элементов, вызвали необходимость замены этих конструкций на новые из однокамерных стеклопакетов.

2.2.2 Натурные исследования нового здания Пенсионного фонда по ул. Коммунистическая г. Пензы

Исследования тепловой защиты чердачного перекрытия выполнялись в административном здании Пенсионного фонда по улице Коммунистическая.

Визуальный осмотр теплоизоляционного слоя осуществлялся после проведения вскрытий цементно-песчаной стяжки с целью оценки ширины стыковых соединений между плитами этого слоя. Вскрытие производилось в трех местах.

Визуальный осмотр конструкций холодного чердака показал:

1. На внутренней поверхности защитной мембраны из кровельной полимерной пленки происходит интенсивное накопление капельно-жидкой влаги, падающей на поверхность утеплителя из пенополистирола ПСБ-с35.

2. Слуховые окна расположены с одной стороны ската каждого объема чердачного пространства, и их суммарная площадь по отношению к площади чердачного перекрытия меньше 1/1000, что не обеспечивает достаточной вентиляции этих объемов чердака. Из трех принципиальных схем проветривания внутренней воздушной среды (односторонняя, угловая, сквозная или прямоточная) использованная односторонняя схема проветривания наименее благоприятная.

2.2.3 Натурные исследования здания гостиницы «Октябрьский сад» по ул. Окружная г. Пензы

Здание гостиницы двухэтажное, крыша имеет деревянную стропильную систему; сборно-блочное деревянное чердачное перекрытие утеплено минераловатными плитами низкой плотности ($\gamma = 50 \text{ кг/м}^3$) толщиной 150 мм, по которым уложена цементно-песчаная стяжка.

Визуальный осмотр показал, что стяжка во многих местах имеет разрушения по причине высокой деформативности утеплителя. Из-за этого через воздухопроницаемый материал теплоизоляции в пространство чердака поступают большие тепловые потоки. Вентиляция чердака осуществляется через миниатюрные отверстия в кровле в виде флюгарков, которых явно недостаточно. В зимнее время флюгарки заносятся снегом, что полностью блокирует естественную вентиляцию чердачного пространства.

Неблагоприятный температурно-влажностный режим последнего и явился основной причиной скопления на кровле гостиницы больших снежно-ледяных массивов зимой (особенно в местах ендов) и многочисленных протечек кровли в более теплое время года.

2.3 Состояние тепловой защиты малоэтажных жилых зданий

2.3.1 Натурные исследования жилых домов по ул. Воровского, ул. Докучаева и ул.Фрунзе г.Пензы, возведенных в первый период индустриального домостроения

Проводились исследования тепловой защиты чердачного перекрытия в двухэтажных домах (рисунки 2.7, 2.8). В ходе проведенных исследований были выполнены следующие виды работ:

- визуальный осмотр состава чердачного перекрытия, в том числе насыпного утеплителя из котельного шлака;
- измерение температурно-влажностных параметров воздушной среды чердака.



Рисунок 2.7 – Фасад двухэтажного дома по ул.Воровского

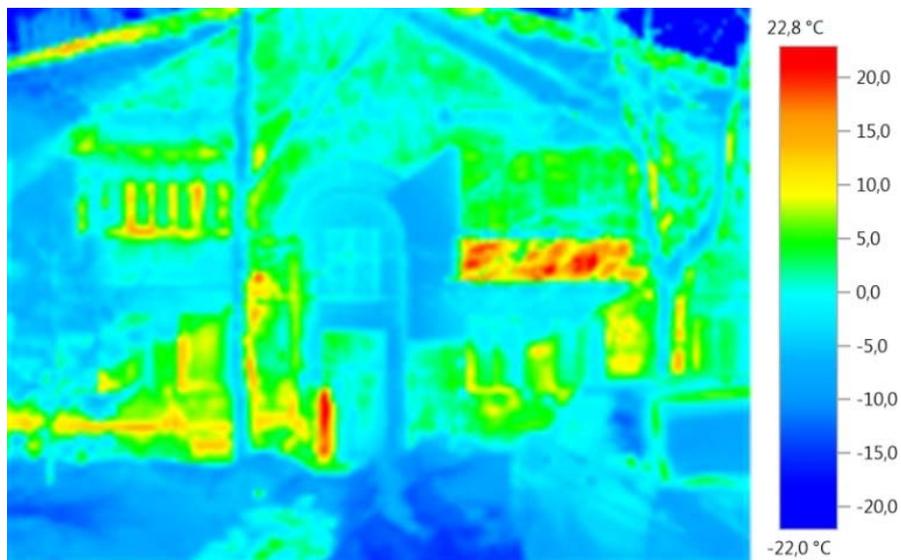


Рисунок 2.8 – Фасад двухэтажного дома по ул.Воровского (фото с тепловизора)

Было установлено, что дощатое перекрытие по деревянным балкам утеплено шлаком котельным толщиной 17-20 см. За время 60-летнего периода эксплуатации зданий этот материал превратился в пылевидное состояние и практически утратил теплозащитную функцию.

Слой пароизоляции по низу утеплителя полностью деструктурировался без фрагментарных остатков, а слой цементно-песчаной стяжки по верху утеплителя отсутствует.

Слуховые окна расположены только на одной стороне ската, причем отдельные из них застеклены. В результате этого естественная вентиляция практически не функционирует. На вентиляционных блоках вышеназванных зданий теплоизоляция отсутствует (рисунок 2.9). Температура поверхности вентиляционных блоков составляет 6-7°C.

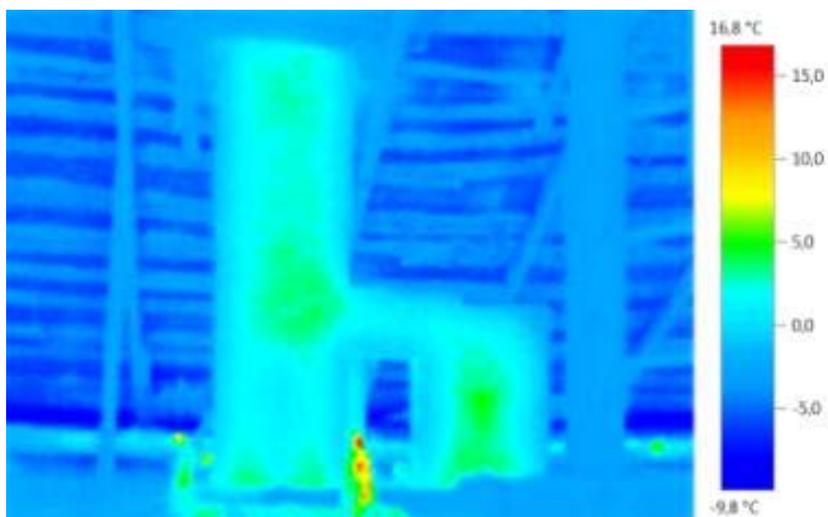


Рисунок 2.9 – Вентиляционный блок (фото с тепловизора)

По данным инструментальных замеров температура внутреннего воздуха большинства жилых помещений второго этажа зданий в период резкого похолодания не превышала 15°C с учетом систематического включения электронагревателей.

2.3.2 Натурные исследования конструктивных элементов трехэтажного жилого дома со встроенным магазином по ул. Коммунистической, 57 в г. Каменке Пензенской области

В феврале – марте 2013 г. специалистами ООО «Союзпроект» и сотрудниками Пензенского ГУАС [126] было выполнено освидетельствование и обследование состояния конструктивных элементов трехэтажного жилого дома со встроенным магазином по ул. Коммунистической, 57 в г. Каменке Пензенской области (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Общий вид на главный фасад дома по ул. Коммунистической, 57 в г.Каменке Пензенской области

Конструктивная схема здания выполнена с монолитным несущим железобетонным каркасом и ограждающими конструкциями из трехслойных каменных стен с утеплителем и чердачного покрытия с деревянной стропильной системой и кровлей из металлочерепицы.

Наружные стены жилого здания выполнены трехслойными и состоят из внутренней части в виде блоков из ячеистого бетона толщиной 300 мм, $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$; утеплителя из минеральной ваты «Изовер» толщиной 50 мм и каменной кладки из силикатного кирпича толщиной 120 мм.

Теплотехнический расчет показал:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены $R_0=3,28 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ больше требуемого сопротивления $R = 3,18 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, следовательно, ее тепловая защита удовлетворяет нормативным требованиям [85].

2. Для чердачного перекрытия $R_0 = 1,17 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, что меньше требуемого сопротивления $R = 4,18 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, то есть его тепловая защита не удовлетворяет требованиям, изложенным в [85].

Чердачное перекрытие холодного чердака имеет следующий состав:

– утеплитель из керамзитового гравия: $\delta = 150 \dots 180$ мм, $\gamma = 600$ кгс/м³,
 $\lambda = 0,17$ Вт/(м·°С);

– пароизоляция из пленки ПВХ;

– железобетонная плита перекрытия: $\gamma = 2500$ кгс/м³, $\delta = 180$ мм,
 $\lambda = 1,92$ Вт/(м·°С);

В здании применили однокамерные стеклопакеты, у которых приведенное сопротивление теплопередаче ниже, чем у двухкамерных (0,53), требуемых для жилых зданий в климатических условиях Пензенского региона.

При обследовании состояния наружных ограждающих конструкций с помощью инфракрасного тепловизора и при визуальном осмотре были обнаружены участки на внутренней поверхности с промерзанием материала и плесенью, что свидетельствует о том, что, во-первых, в этих местах минераловатный утеплитель не обеспечивает достаточную тепловую защиту наружных ограждений, а, во-вторых, что уплотнительные прокладки в стыковых соединениях недостаточно надежны (рисунки 2.11, 2.12).

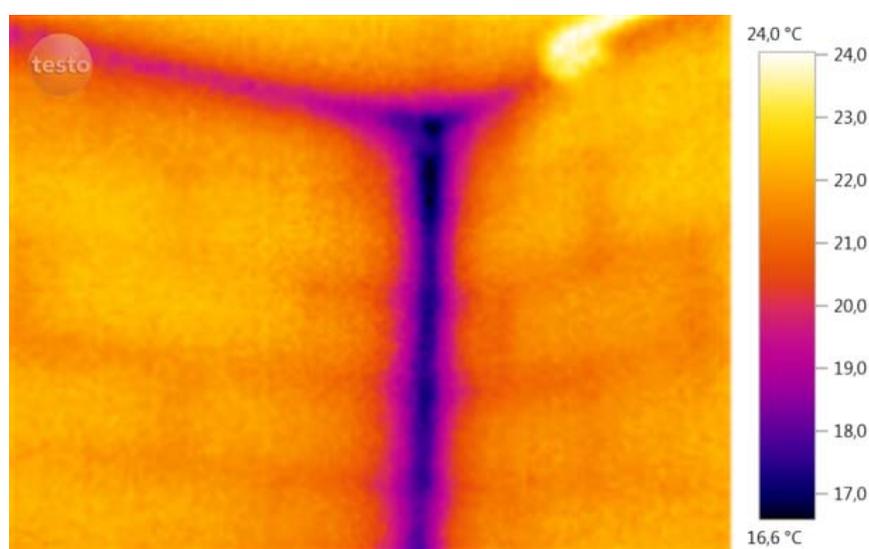


Рисунок 2.11 – Образование плесени в углу на потолке жилой комнаты в кв.№1
(фото с тепловизора)

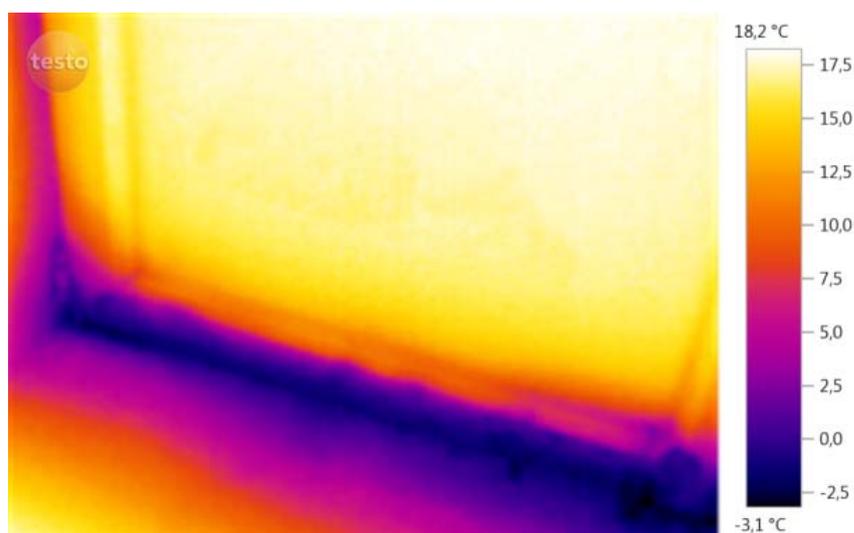


Рисунок 2.12 – Лед под балконной дверью на кухне в кв. №8 (фото с тепловизора)

2.4 Анализ климата на территории Пензенского региона

Анализ комплекса климатических характеристик региона строительства позволяет произвести более обоснованный выбор энергосберегающих мероприятий, в том числе с использованием альтернативных источников энергии.

Природно-климатические условия строительства, характерные для данной конкретной территории, а также некоторые параметры, характеризующие энергопотребление и теплозащиту зданий, рассмотрены в территориальных нормах и правилах [84, 87, 109]. При составлении анализа климата Поволжья использовались данные Пензенского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ Приволжского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Для задач, поставленных в данном диссертационном исследовании, интерес представляют климатические факторы, формирующие воздействие тепла земли солнечной радиации и наружной атмосферы на тепловые потоки здания. Величина последних со стороны земляного массива зависит от глубины промерзания грунта. Глубина промерзания грунта зависит от среднегодовой температуры в данной местности: чем она ниже, тем больше глубина промерзания.

Нормативная глубина промерзания грунта в Среднем Поволжье составляет:

– в Пензе для глинистых и суглинистых грунтов – 140 см, для песчаных и супесчаных – 154 см;

– в Самаре для глинистых и суглинистых грунтов – 160 см, для песчаных и супесчаных – 176 м;

Фактические глубины промерзания на самом деле будут отличаться от нормативных, приведенных в СНиП, потому что нормативные данные приведены для случая отсутствия снежного покрова. Реальная же глубина промерзания земли может быть на 20-40% меньше нормативной [83].

На рисунках 2.13-2.26 и в таблице 2.1 показаны климатические характеристики Пензенского региона.

Таблица 2.1 – Среднемесячный дневной приход солнечной радиации на наклонную поверхность в г. Пензе ·

Месяц	Угол падения прямого излучения, °	Приведенная поглощательная способность	Дневной приход суммарной радиации на горизонтальную поверхность, Дж/(м ² ·сут)	Показатель облачности
Январь	37	0.90	1.82	0.17
Февраль	40	0.88	4.54	0.36
Март	48	0.83	8.54	0.41
Апрель	57	0.73	12.71	0.41
Май	57	0.68	14.2	0.42
Сентябрь	51.5	0.90	9.41	0.39
Октябрь	44	0.93	4.21	0.28
Ноябрь	35	0.93	1.88	0.22
Декабрь	34	0.91	1.03	0.17

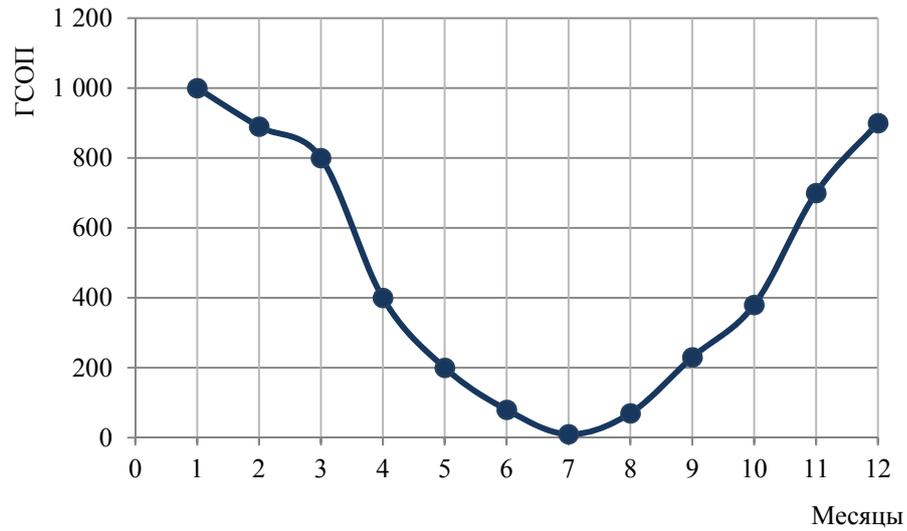


Рисунок 2.13 – Ход изменений величины градусо-суток отопительного периода в г.Пензе

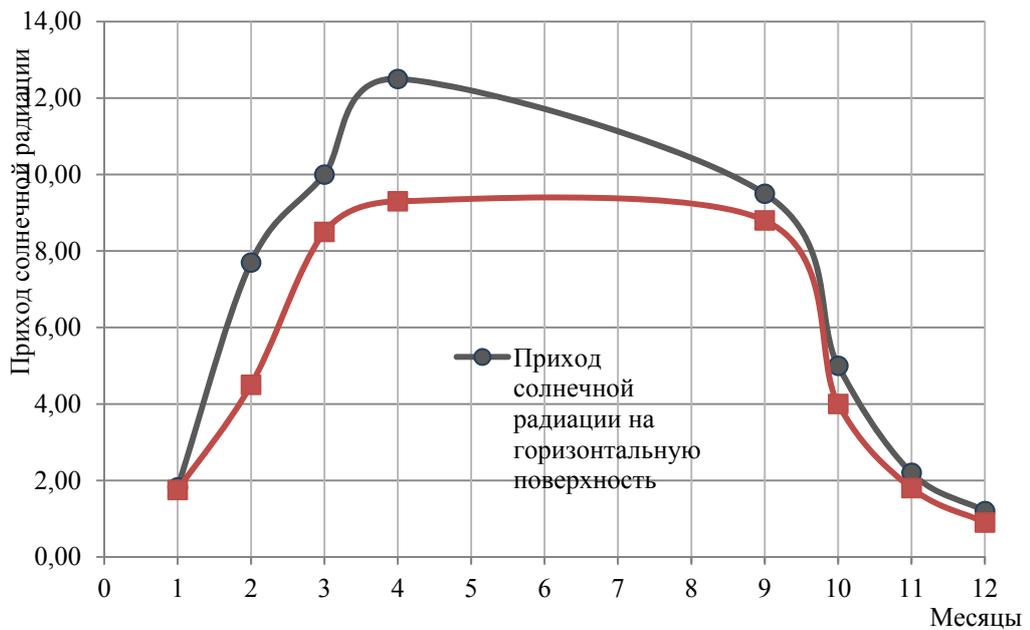


Рисунок 2.14 – Среднемесячный приход солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную поверхности за отопительный период в г. Пензе (I , Дж/(м²·°С))

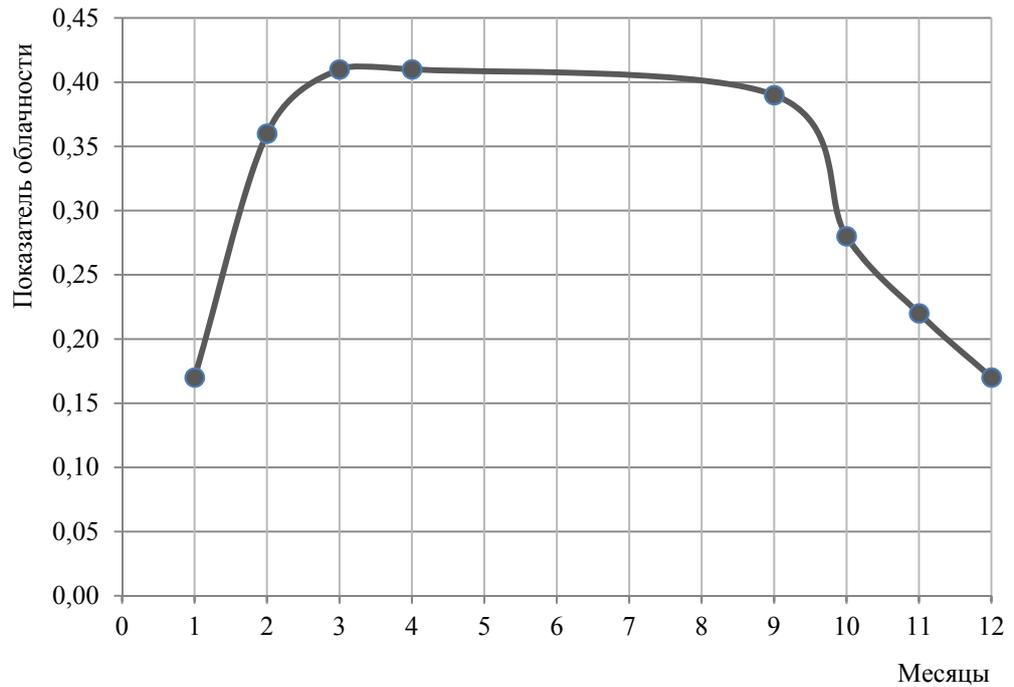


Рисунок 2.15 – Показатель облачности по месяцам отопительного периода

для г.Пензы и области $K = I_{\text{смо}}/I_{\text{сма}}$,

где $I_{\text{смо}}$ – среднемесячный приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность; $I_{\text{сма}}$ – среднемесячный приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность за пределами земной атмосферы

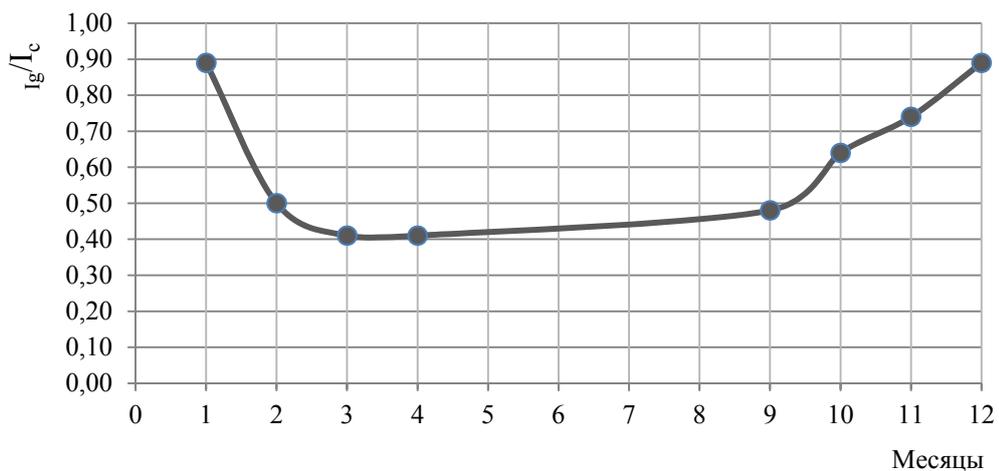


Рисунок 2.16 – Отношение приходов диффузной радиации I_g к суммарной радиации I_c на горизонтальную поверхность по месяцам отопительного периода для г. Пензы и области (I_g/I_c)

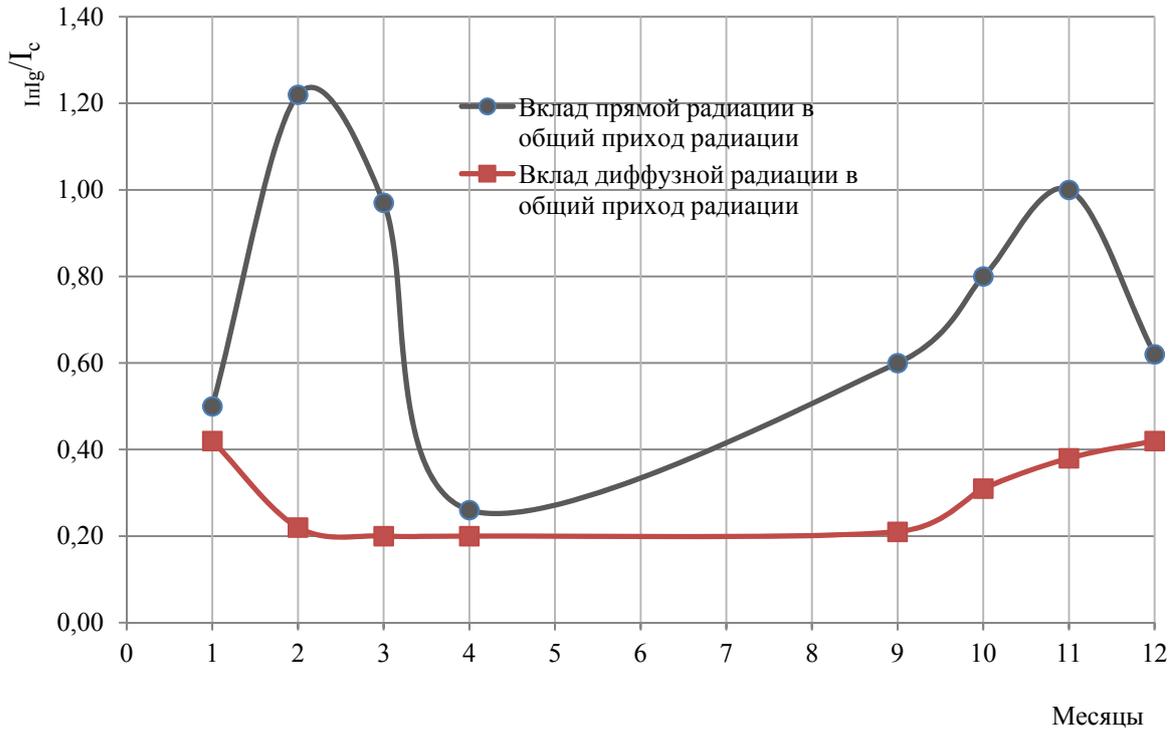


Рисунок 2.17 – Вклад прямой радиации I_n и диффузной радиации I_g в общий приход радиации I_c по месяцам отопительного периода для г. Пензы и области $I_n, I_g/I_c$

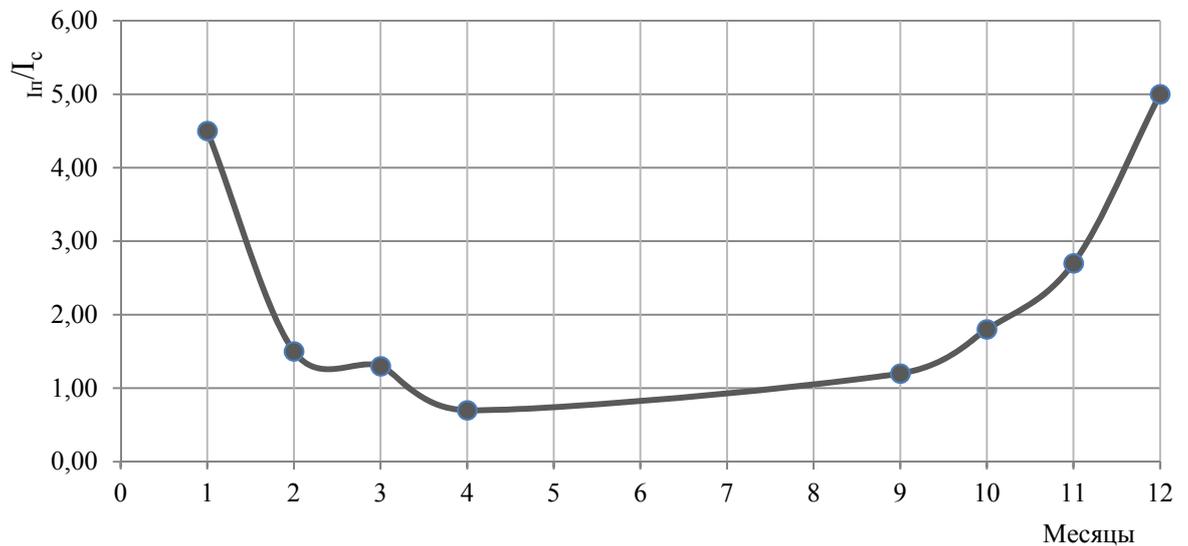


Рисунок 2.18 – Отношение среднемесячных приходов прямой радиации I_n на наклонную и горизонтальную поверхности к суммарной радиации I_c на эти же поверхности по месяцам отопительного периода для г. Пензы и области (I_n/I_c)

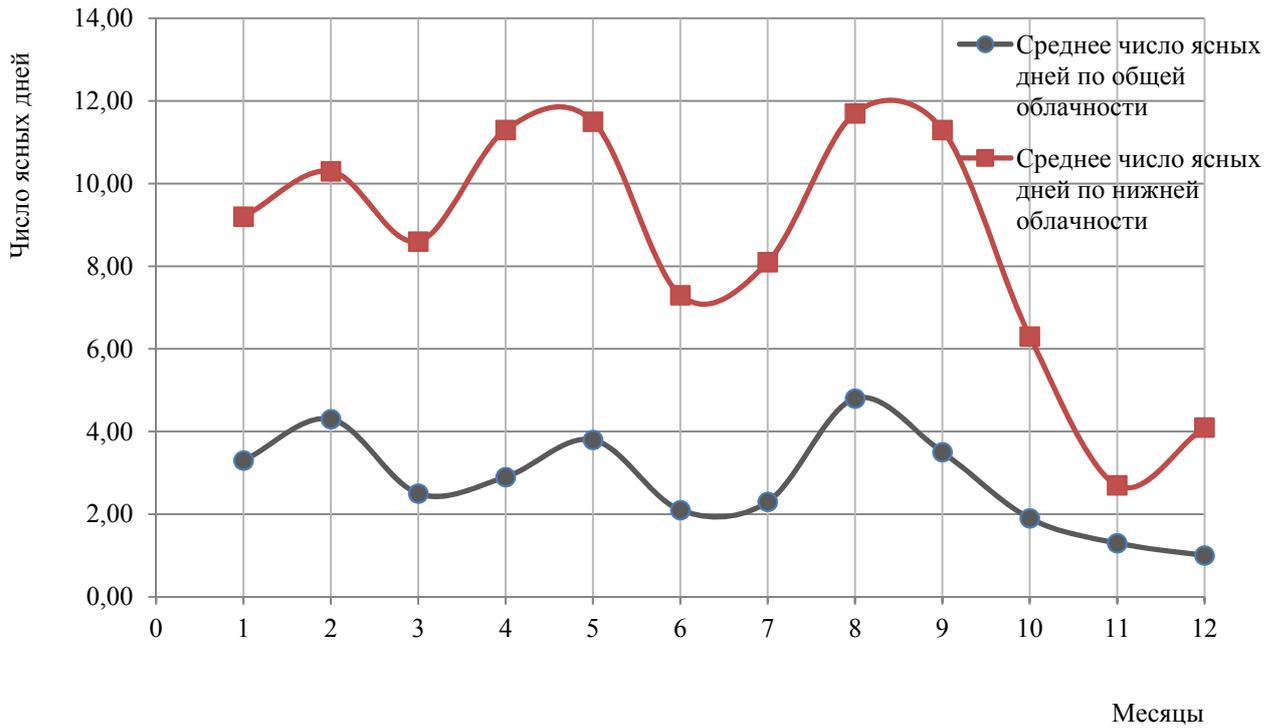


Рисунок 2.19 – Среднее число ясных дней по общей и нижней облачности

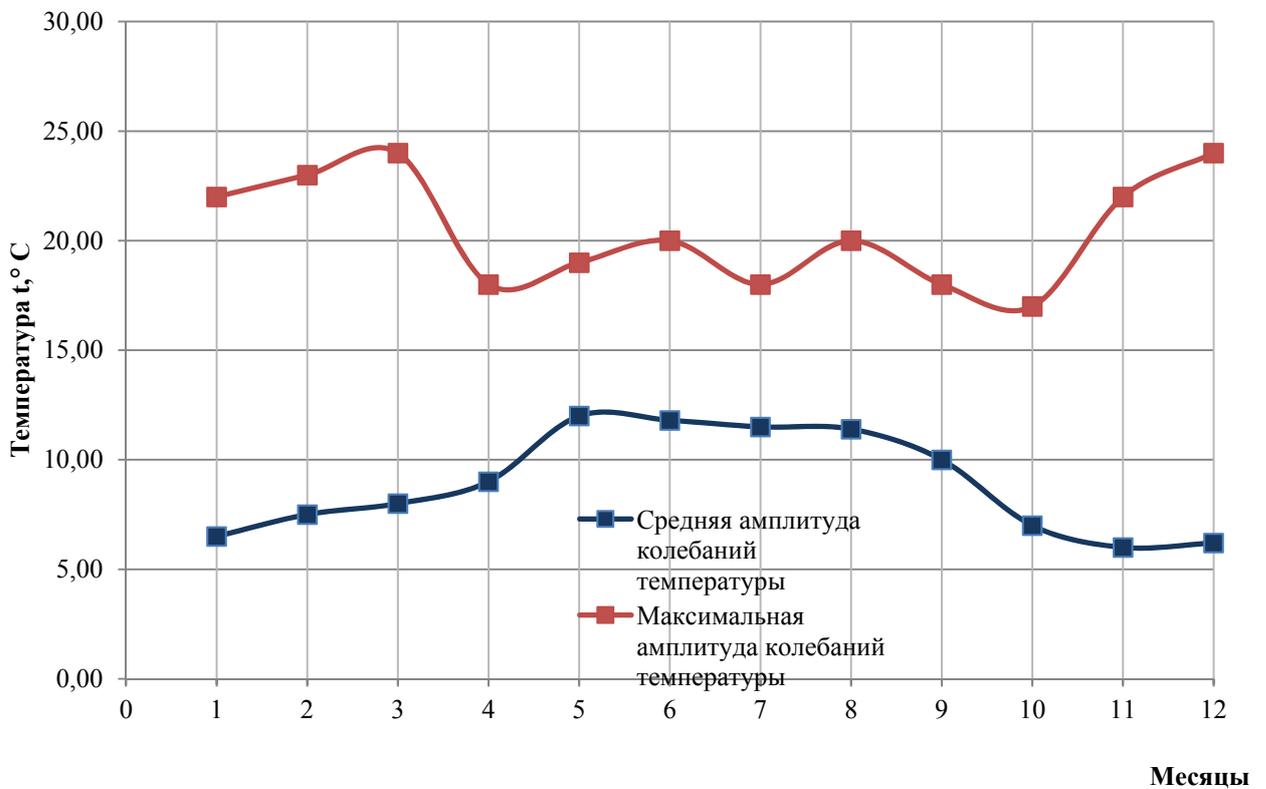


Рисунок 2.20 – Амплитуда колебаний температуры наружного воздуха

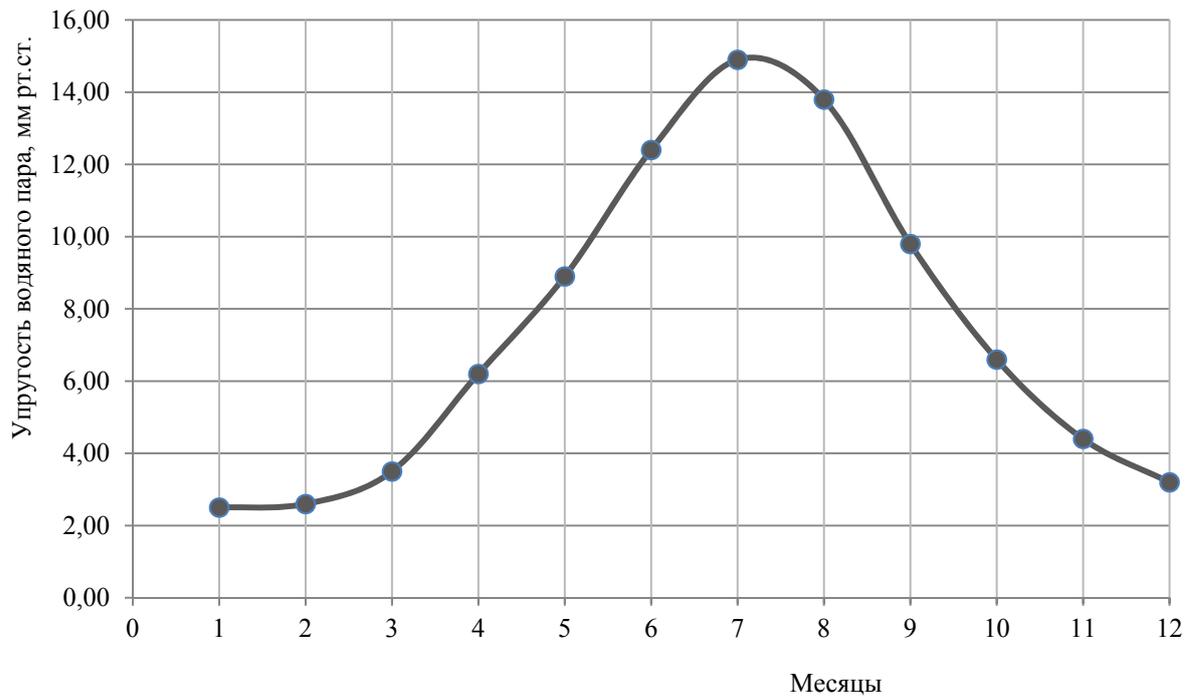


Рисунок 2.21 – Упругость водяного пара наружного воздуха

Согласно [87], рассматриваемая территория приурочена ко II климатическому району, подрайону II В для строительства на территории России.

По данным ФГБУ «Пензенский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», климат территории проектируемого строительства характеризуется следующими метеоклиматическими характеристиками.

Среднегодовая температура воздуха в г. Пензе составляет $+6,3^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодным месяцем в году является январь со средней температурой $-11,2^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум составляет $-31,4^{\circ}\text{C}$. Наиболее жарким месяцем является июль со средней температурой воздуха $+22,7^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум составляет $+29,7^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 152 дня. Средняя продолжительность снежного покрова 146 дней.

В годовом ходе средней месячной температуры положительные значения отмечаются с апреля по ноябрь и отрицательные – с декабря по март.

Среднемесячная температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$ приведена на графике (рисунок 2.22).

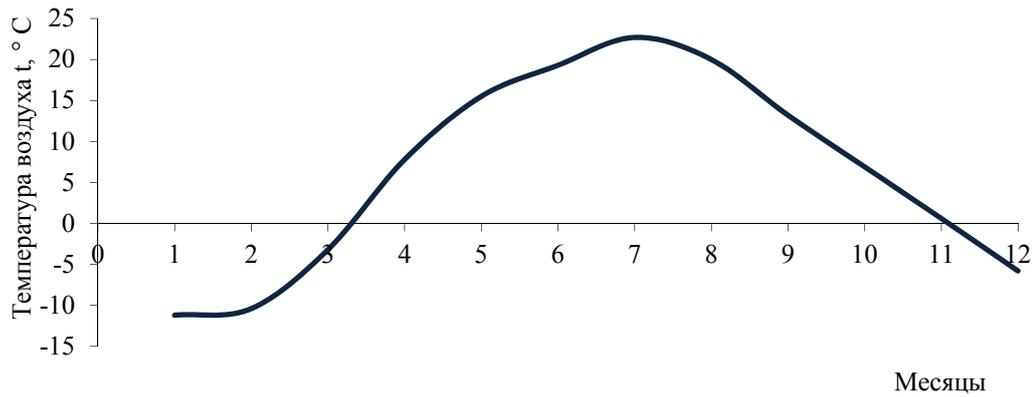


Рисунок 2.22 – Изменение среднемесячной температуры воздуха

Для Пензенского региона характерно годовое количество осадков – 553,4 мм, за период апрель – октябрь выпадает 350,5 мм. В холодный период сумма осадков составляет 202,9 мм. Минимум осадков выпадает на февраль и составляет 32,0 мм, а максимум – на август и составляет 75,6 мм. Годовое количество дней с осадками 1.0 мм и более составляет 95,6. Самое большое количество дней с осадками 1.0 мм и более наблюдается в летне-осенний период. Месяц, в котором наблюдается наибольшее количество дней с осадками 1.0 мм и более – июль, а наименьшее количество дней наблюдается в феврале.

Наибольшее количество осадков выпадает в теплый период – 350,5 мм. Они нередко сопровождаются ливнями, грозами, градом (рисунки 2.23, 2.24).

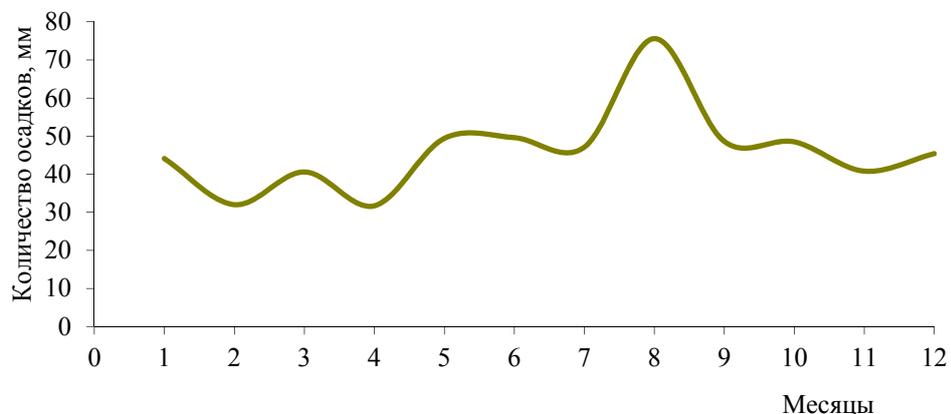


Рисунок 2.23 – Среднемесячное количество осадков, мм

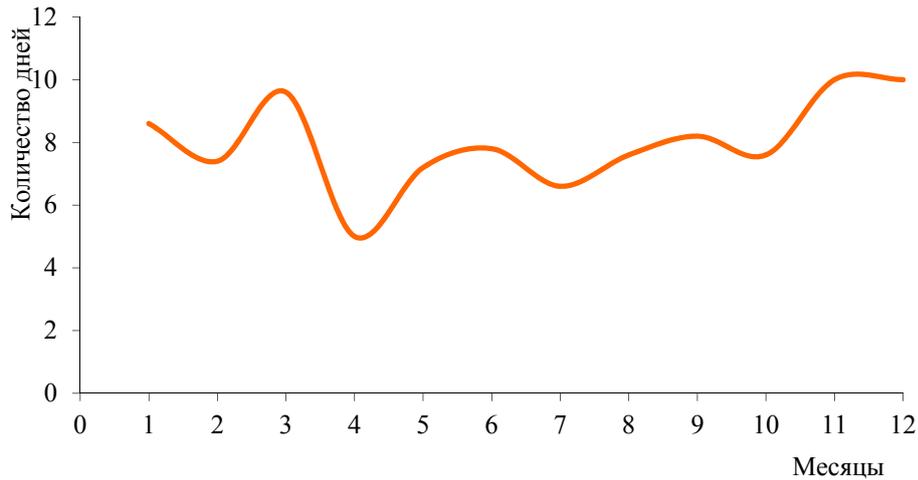


Рисунок 2.24 – Число дней с осадками 1.0 мм и более

Ветровой режим района характеризуется преобладанием западных, юго-западных и южных направлений ветра. Средняя годовая скорость ветра составляет 2,0 м/с. Максимальная скорость ветра равна 2,5 м/с (рисунок 2.25).

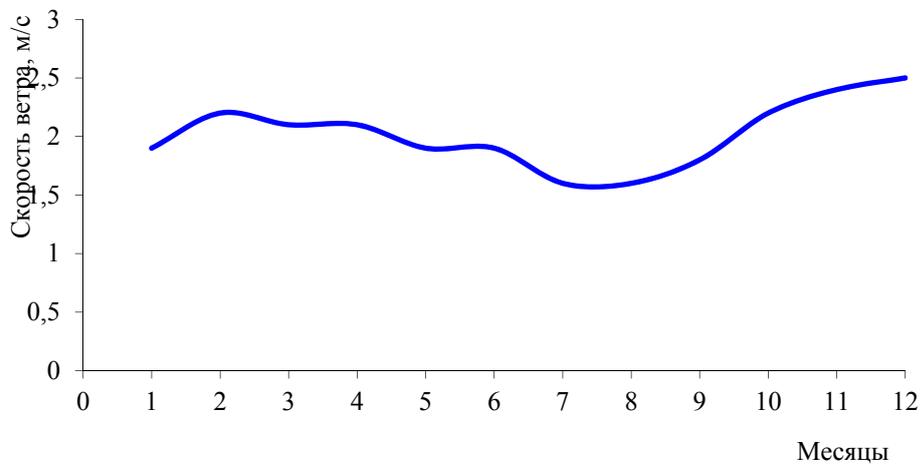


Рисунок 2.25 – Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с

В среднем за год в рассматриваемом районе наблюдается 13 дней с туманом. При этом в теплый период дней с туманом в несколько раз больше, чем в холодный. В течение года изменения этой характеристики от месяца к месяцу незначительны. Максимальное количество дней с туманом приходится на июль и составляет 1,6 дня, минимальное количество дней приходится на февраль и равно 0,4 дня. Разница

между наибольшим числом дней с туманом и наименьшим составляет всего 1,2 дня (рисунок 2.26).

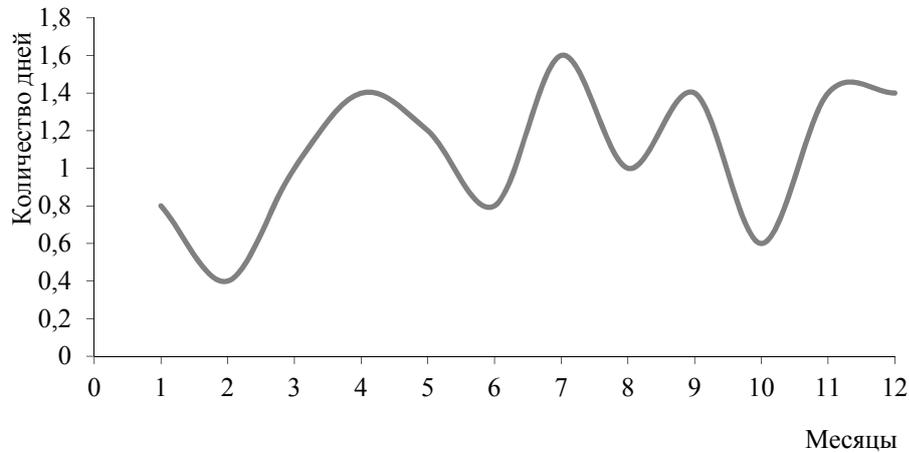


Рисунок 2.26 – Число дней с туманом

Наибольшая величина абсолютной влажности наблюдается в июле и составляет 14,8 мб. Наименьшие величины абсолютной влажности приходятся на январь – февраль и составляют 2,4 – 2,5 мб. В таблице 2.2 приведены средние месячные и годовые величины абсолютной влажности (мб).

Таблица 2.2 – Средние месячные и годовые величины абсолютной влажности (мб)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
г. Пенза, ГМО	2,4	2,5	3,7	6,3	8,9	12,4	14,8	13,5	9,8	6,6	4,6	3,2	7,4

Наибольшая относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца составляет 84 %, наиболее теплого месяца – 67%. В таблице 2.3 приведены средние месячные и годовые величины относительной влажности.

Таблица 2.3 – Средние месячные и годовые величины относительной влажности

Станция	I	I	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
г. Пенза, ГМО	84	82	81	70	59	62	67	67	71	79	86	87	75

Дефицит влажности в зимние месяцы составляет 0,4–0,5 мб, в летнее время июнь – июль достигает максимума 8,9–9,2 мб. В таблице 2.4 приведены средние месячные и годовые величины дефицита влажности.

Таблица 2.4 – Средние месячные и годовые величины дефицита влажности

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
г. Пенза, ГМО	0,4	0,5	0,8	3,5	7,8	9,2	8,9	8,2	5,2	2,0	0,7	0,4	4,0

В таблице 2.5 приводятся даты образования и схода снежного покрова для г. Пензы.

Таблица 2.5 – Даты образования и схода снежного покрова

Процесс	Дата				
	Средняя	Самая ранняя	Год	Самая поздняя	Год
Выпадение первого снега	13.X	17.IX	1952,58	19.XI	1908
Появление снежного покрова	31.X	1.X	1902	9.XII	1954
Образование устойчивого снежного покрова	22.XI	29.X	1891	22.XII	1936
Разрушение устойчивого снежного покрова	6.IV	17.III	1893	23.IV	1896
Сход снежного покрова	13.IV	20.III	1972,74	30.IV	1940,61
Выпадение последнего снега	27.IV	25.III	1966	4.VI	1967

Средняя продолжительность снежного покрова для г. Пензы составляет 146 дней.

Наибольшей высоты снежный покров достигает в первой декаде марта. Средняя величина его составляет 25–40 см. В отдельные годы высота снежного покрова может достигать 80–85 см.

2.5 Общие выводы

Натурные исследования малоэтажных гражданских зданий показали:

1. В зданиях первого периода индустриального строительства (50-е гг. прошлого века) вследствие полной деструкции сыпучего утеплителя произошло сильное его уплотнение и повышение теплопроводности; разрушен пароизоляционный слой и отсутствует цементно-песчаная стяжка на поверхности этого утеплителя (жилые здания по ул. Воровского, ул. Докучаева, ул. Фрунзе в г. Пензе, музыкальная школа №4 г. Пензы по ул. Бумажников).

2. Нарушены функциональные свойства других элементов тепловой защиты (заделка слуховых окон экранами, отсутствие утеплителя на стенках вентблоков, фрагментарная теплоизоляция горизонтальных труб отопления).

3. Выявленные дефекты приводят к большим тепловым потерям помещений верхнего этажа в процессе эксфильтрации теплого воздуха через деревянные сборно-балочные конструкции чердачных перекрытий. При этом большие тепловые потоки из помещений в холодный период года поступают к поверхности кровли, являясь причиной наращивания снежно-ледяного массива на ее поверхности. В весенний период эксплуатации это вызывает ускоренное разрушение кровельных материалов и появление протечек, повышающих влажность утеплителя и дальнейший рост тепловых потерь через чердачные перекрытия.

4. В малоэтажных гражданских зданиях новой застройки (новое здание Пенсионного фонда по ул. Коммунистической г. Пензы, жилой дом №57 по ул. Коммунистической г. Каменка Пензенской области) отмечен целый ряд проектных и строительных недоработок в устройстве тепловой защиты (ошибки в выборе плотности материала утеплителя, недостаточная площадь вентиляционных отверстий холодных чердаков, повышенная относительная влажность воздуха и отсыревание наружных стен из-за слабо функционирующей системы естественной вентиляции помещений).

5. Конструкции наружных стен обследованных зданий построены из относительно воздухопроницаемых однослойных блоков на основе котельного шлака,

через которые протекают достаточно интенсивные процессы инфильтрации холодного и эксфильтрации теплого воздуха.

6. В обследованных зданиях как старой, так и новой застройки, еще в малой мере используются возможности переноса ряда подсобных помещений из надземных в подземный этаж (подвальные помещения) с целью экономии тепловой энергии на отопление помещений надземной части здания. В этих зданиях практически не применяются объемно-планировочные решения и энергоактивные элементы, обеспечивающие использование альтернативных источников энергии (например, в виде тепла солнечной радиации и верхних слоев земли).

Анализ климатических воздействий на территории Пензенского региона показал:

1. Наблюдаемые периоды с низкими температурами наружного воздуха указывают на необходимость проектирования и реконструкции наружных ограждений зданий с высокими теплозащитными качествами.

2. Среднемесячный приход солнечной радиации на вертикально и горизонтально расположенные наружные ограждения зданий и на поверхность земли обеспечивает возможность эффективного использования лучистого тепла солнца в сентябре – октябре и в феврале – апреле, а также тепла земляного массива для подогрева помещений.

Таким образом, результаты анализа литературных источников и натурных исследований малоэтажных зданий позволили сформулировать задачи данной диссертационной работы по разработке методики эксперимента и расчетных моделей процессов тепломассопереноса, влияющих на тепловые потери помещений и повышение энергоактивности этих зданий при использовании тепла альтернативных источников энергии.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ МАТЕРИАЛА ОГРАЖДЕНИЯ

3.1 Общее состояние вопроса

Большие резервы энергосбережения заложены именно в сфере эксплуатации жилья, так как ежегодные объемы нового жилищного строительства составляют менее 2% существующего жилого фонда [56].

В зданиях с большим сроком эксплуатации наиболее быстрому ухудшению функциональных свойств подвержены конструктивные слои и элементы, предназначенные для тепловой защиты зданий (утеплитель, паро-, гидроизоляция). Опубликованные результаты натурных обследований жилой застройки с большим сроком эксплуатации указывают на то, что наряду с процессом физического и морального старения в ее зданиях наблюдается прогрессирующее ухудшение микроклимата и рост тепловых потерь [14, 17, 37, 59].

Для повышения тепловой эффективности зданий предлагаются не только усовершенствованные конструктивные решения ограждений, но также и инновационные способы целенаправленного изменения структуры теплоизоляционных материалов, анализ факторов влияния на основе системного подхода. В частности, вопросы повышения теплозащитных свойств наружных конструкций зданий рассмотрены в [66].

В работах [10, 14, 17] отмечен низкий уровень тепловой защиты крыш с холодным чердаком зданий старой застройки. Проблемы воздухопроницаемости описаны также в работах Ф.В. Ушкова, в частности, в работе [100] описывается методика теплотехнического расчета пористых стен, которая дает возможность учитывать дополнительные потери тепла, вызываемые фильтрацией воздуха.

В одной из своих статей Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. приводят данные эксперимента по исследованию показателей теплозащиты зданий определенных серий в г.Москве [92]. Эксперимент позволил выявить, что экономия тепловой энергии достигается в основном за счет

повышения теплозащиты наружных стен и чердачных перекрытий в холодных чердаках.

Для принятия эффективных решений по повышению энергетической эффективности в эксплуатируемых зданиях необходима объективная информация о количестве потребляемых энергетических ресурсов, которую можно получить только с помощью регулярного обследования или мониторинга [20, 58, 64].

3.2 Постановка задачи исследования

В поставленную задачу исследования входили:

1. Разработка модели и методики расчета величины тепловых потерь через наружное ограждение в процессе эксфильтрации воздуха.

2. Выбор энергосберегающих решений, позволяющих снизить тепловые потери через наружные ограждения с пористой структурой материала.

С целью выяснения причин больших тепловых потерь и ухудшения теплового режима помещений верхнего этажа были выполнены натурные обследования малоэтажных гражданских зданий с разными сроками эксплуатации. Результаты обследований показали, что на снижение тепловой эффективности наружных ограждений непосредственное влияние оказывают ошибки и дефекты при проектировании, возведении конструкций и системы естественной вентиляции, а также неграмотная их эксплуатация, нарушение сроков проведения текущих и капитальных ремонтов в течение длительного времени (таблица 3.1).

Причины снижения тепловой эффективности крыш зданий с большими сроками эксплуатации (три примера дома в таблице 3.1) обуславливают поступление больших тепловых потоков к поверхности кровли, что приводит к образованию на них массивных снежно-ледяных покрытий [40].

Таблица 3.1 – Причины снижения и дефекты тепловой защиты чердачного пространства некоторых из обследованных зданий

Назначение здания	Срок эксплуатации, лет	Основные причины снижения тепловой эффективности	Обнаруженные дефекты тепловой защиты
Госпиталь на ул. Кирова	> 150 лет	Пылевидное состояние структуры утеплителя из шлака, слабая вентиляция через слуховые окна, отсутствие воздухопроницаемого слоя в утеплителе на чердаке.	Большие теплопотери из помещений верхнего этажа через чердачное перекрытие, не имеющего воздухопроницаемого слоя, и через утеплитель с нарушенной микроструктурой. Вследствие этого интенсивное накопление снежно-ледяного массива на кровлях зданий
Музыкальная школа, ул. Бумажников	> 100 лет		
Двухэтажные жилые здания, ул. Докучаева №5, Воровского №19, 21, Фрунзе № 42	> 50 лет	Те же основные причины. Кроме этого, плохая теплоизоляция трубопроводов теплоснабжения и ее полное отсутствие на вентиляционных блоках в чердаке	
Здание пенсионного фонда	> 10 лет	Ошибки в проектировании количества вентотверстий и их размеров во фризových стенах чердака	Сильное увлажнение утеплителя из-за падения капель конденсированной влаги с ветрозащитной мембраны
Здание областного суда	< 10 лет	Образование продуваемых "воздушных мешков" в сверхлегком минватном утеплителе в стенах мансарды	Рост теплопотерь со снижением температуры воздуха в рабочих помещениях мансарды до +8...10°C

3.3 Методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха

В расчетной модели для оценки тепловых потерь приняты следующие допущения:

– скорость движения воздуха над поверхностью утеплителя чердачного перекрытия чрезвычайно мала, что подтверждено результатами инструментальных замеров. Поэтому при безветренной погоде механизм эксфильтрации воздуха через

наружное ограждение нижнего этажа и его эксфильтрации на верхнем этаже будет действовать благодаря перераспределению плотностей холодного и теплого воздуха по высоте здания, т.е. за счет теплового напора;

– в конструкции чердачного перекрытия воздухо непроницаемый слой отсутствует или имеет дефекты.

Величину тепловых потерь через чердачное перекрытие, имеющее в своем составе воздухо непроницаемый слой, определили по формуле

$$q = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})/R_0, \text{ Вт/м}^2. \quad (3.1)$$

Однако, если этот слой имеет дефекты или его совсем нет, на что указали результаты натурных обследований (см. таблицу 3.1), то через конструкцию перекрытия будет происходить эксфильтрация воздуха в виде теплового потока, величину которого найдем из формулы:

$$q_u = \frac{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot e^{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot R}}{e^{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot R_0} - 1} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (3.2)$$

где $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – внутренняя и наружная температура воздуха по обе стороны перекрытия, °С; $c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С); ω – количество эксфильтрующегося воздуха, кг/(м²·ч):

$$\omega = \Delta p/R_u, \quad (3.3)$$

R_u – сопротивление воздухопроницанию многослойной конструкции чердачного перекрытия, (м²·ч·Па)/кг.

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}; \quad (3.4)$$

здесь R – сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия на границе у внутренней поверхности, м²·°С/Вт; R_0 – общее сопротивление теплопередаче перекрытия, м²·°С/Вт; Δp – разница давлений воздуха по обе стороны наружного ограждения, Па:

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03\gamma_{\text{н}}v^2, \quad (3.5)$$

где H – высота здания (от уровня пола первого этажа до вытяжных отверстий чердака), м; $\gamma_{\text{н}}$, $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м³; v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.

В соответствии с расчетной моделью была определена искомая величина тепловых потерь q_u через обследованную конструкцию чердачного перекрытия при $\Delta p = 1,54$ Па (первая схема в таблице 3.2 для второго и третьего зданий в таблице 3.1, имеющих два этажа), которая является типовой для большой части малоэтажных зданий г. Пензы. Кроме того, аналогичные расчеты сделаны и для некоторых других конструктивных решений этого ограждения (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Теплофизические показатели конструкций чердачного перекрытия

№ п/п	Конструктивная схема	ω , кг/м ² ·ч	R_u , м ² ·ч·Па/кг	R_0 , м ² ·°C/Вт	R , м ² ·°C/Вт	q_u , Вт/м ²	q , Вт/м ²
1	- шлак котельный; - доски по балкам	6,16	0,25	2,4	2,29	68,23	19,6
2	- цементно-песчаная стяжка (ЦПС); - шлак котельный; - доски по балкам	0,089	17,25	2,5	2,39	15,51	18,8
3	- минеральная вата; - шлак котельный; - доски по балкам	0,68	2,25	5,13	5,02	14,07	9,2
4	- минеральная вата; - шлак котельный; - толь; - доски по балкам	0,003	492,25	5,14	5,03	9,85	9,14
5	- керамзит; - доски по балкам	15,4	0,1	3,6	3,5	136	13,1
6	- минеральная вата; - керамзит; - доски по балкам	0,73	2,1	6,3	6,2	12,9	7,5
7	- шлак котельный; -доски по балкам; - пленка натяжного потолка	нет	-	2,05	2,39	нет	19,6
8	- армированная ЦПС; - плиты из пенополистирола; - слой рубероида; - монолитная плита из железобетона	нет	-	3,81	3,7	нет	12,34

Для использованных материалов и конструктивных слоев перекрытия приняты следующие значения плотности, кг/м^3 , и толщины, см, соответственно: шлак – 900 и 18, доски – 700 и 2,5, жесткие минераловатные плиты – 150 и 15, керамзит – 250 и 18, плита из пенополистирола – 100 и 14, цементно-песчаная стяжка (ЦПС) – 1700 и 2, монолитная плита из железобетона – 2200 и 20.

Значения q и q_u , Вт/м^2 , найдены соответственно по формулам (3.1) и (3.2).

С ростом этажности здания увеличивается величина тепловых потерь q_u через ограждающую конструкцию вследствие повышения теплового напора: через чердачное перекрытие по схеме 1 (рисунок 3.1) она составляет, Вт/м^2 , в 1-этажном здании – 40,4; в 2-этажном – 68,2; в 3-этажном – 92,2; в 4-этажном – 122,5; в 5-этажном – 149,7.

Применяемое в практике термомодернизации зданий энергосберегающее мероприятие в виде укладки дополнительного теплоизоляционного слоя из воздухопроницаемого материала, например минераловатной плиты, расположенной по верху засыпного утеплителя, не решает проблему больших тепловых потерь через такое ограждение ($q_u > q$ для конструктивной схемы №3, таблица 3.2).

Еще одним энергосберегающим мероприятием является устройство цементно-песчаной стяжки по засыпному или рыхлому плитному утеплителю. Оно относится к хорошо известным и несложным конструктивным решениям, однако во многих зданиях старой застройки, как показали натурные обследования, это мероприятие с момента строительства до сих пор не реализовано. Это послужило причиной того, что за десятки лет эксплуатации такие дома понесли весьма большие суммарные тепловые потери, а жильцы – неоправданный рост оплаты за их отопление.

Графическое изображение конструктивных решений, обозначенных в таблице 3.2, приведено ниже (рисунки 3.1-3.6).

- Шлак котельный или керамзит - по расчету
- Доски по балкам - 30мм

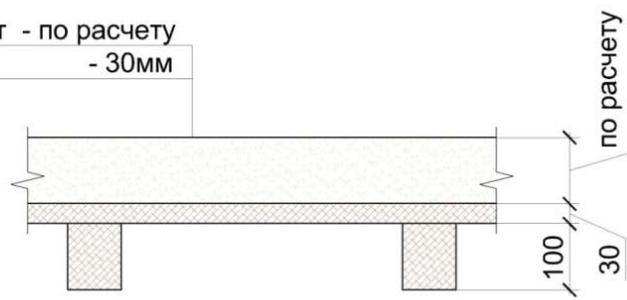


Рисунок 3.1 – Конструктивная схема №1, №5

- Цементно-песчаная стяжка - 60мм
- Шлак котельный или керамзит - по расчету
- Доски по балкам - 30мм

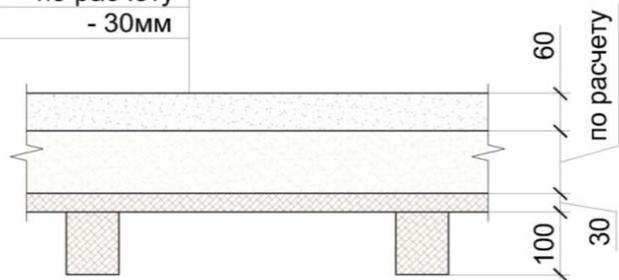


Рисунок 3.2. – Конструктивная схема №2

- Утеплитель - минераловатные плиты - по расчету
- Шлак котельный или керамзит - 100мм
- Доски по балкам - 30мм

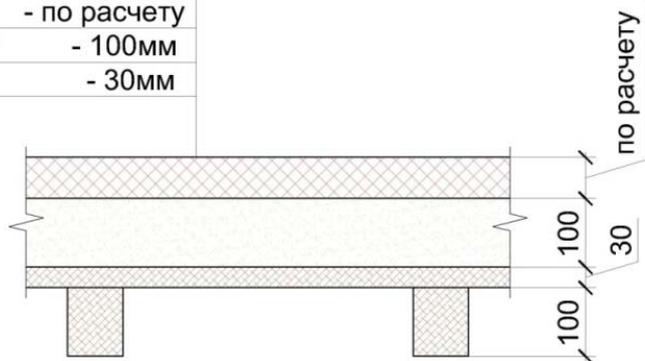


Рисунок 3.3 – Конструктивные схемы №3, №6

- | | |
|-------------------------------------|--------------|
| - Утеплитель - минераловатные плиты | - по расчету |
| - Шлак котельный или керамзит | - 100мм |
| - Толь | |
| - Доски по балкам | - 30мм |

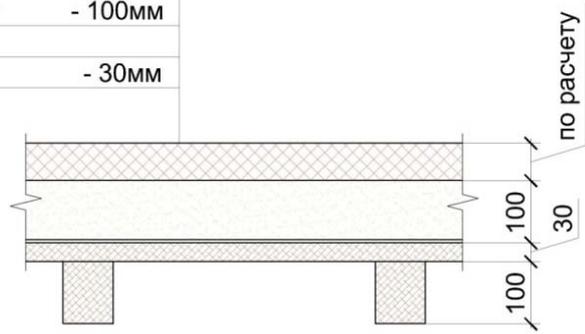


Рисунок 3.4 – Конструктивная схема №4

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| - Шлак котельный или керамзит | - по расчету |
| - Доски по балкам | - 30мм |
| - Пленка натяжного потолка | - по месту |

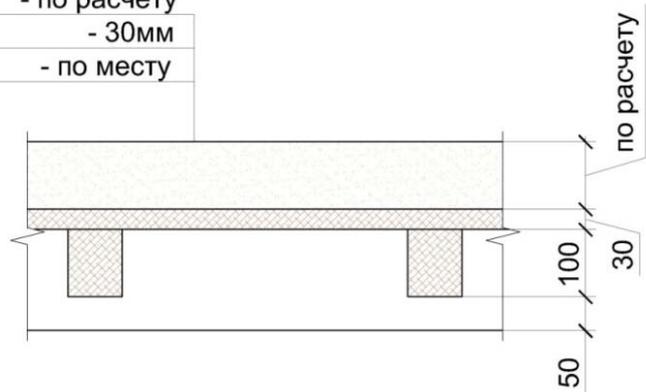


Рисунок 3.5 – Конструктивная схема №7

- | | |
|---|--------------|
| - Цементно-песчаная армированная стяжка | - 50мм |
| - Плиты из пенополистирола | - по расчету |
| - Слой рубероида | |
| - Монолитная плита из железобетона | - 180мм |

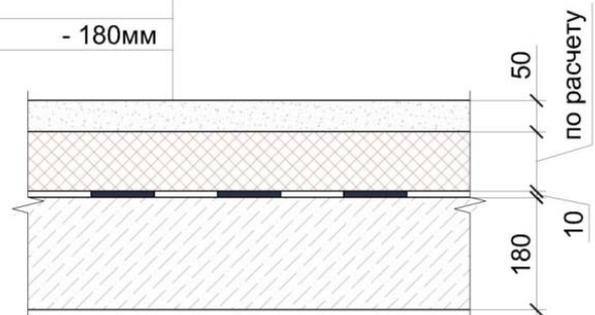


Рисунок 3.6 – Конструктивная схема №8

3.4 Основные зависимости теплофизических показателей, полученных в ходе исследования вопроса

После проведения соответствующих расчетов были исследованы закономерности тепловых потерь при эксфильтрации воздуха через пористую структуру ограждения (чердачные перекрытия и верхняя часть наружной стены) (рисунки 3.7, 3.11).

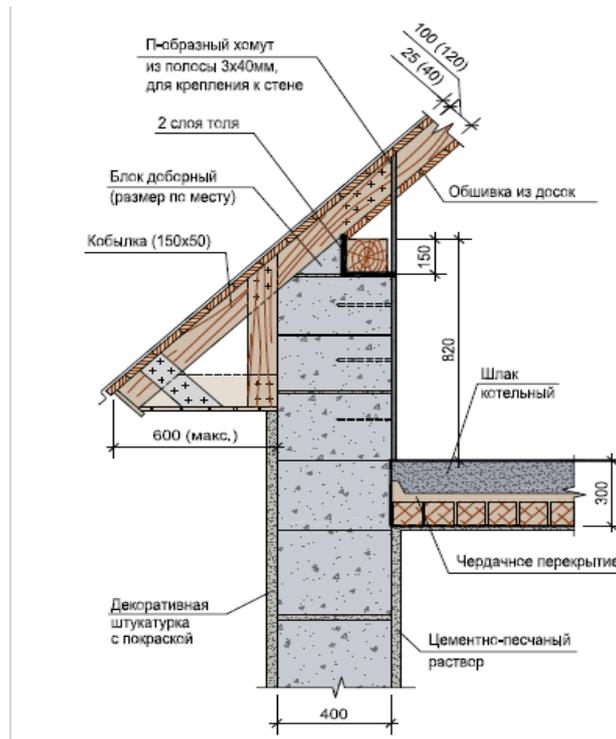


Рисунок 3.7 – Конструкция чердачного перекрытия малоэтажного жилого здания первого индустриального периода

Показатели на рисунках 3.8-3.10, 3.12-3.17, 3.19, 3.21 определены для обследованных двухэтажных зданий.

В ходе сравнения расчетных и нормативных значений тепловых потерь чердачных перекрытий с утеплителем в виде котельного шлака и керамзита (рисунки 3.8, 3.9) было выявлено, что наибольшее отклонение расчетных величин с учетом и без учета эксфильтрации наблюдается именно в обследуемых конструкциях чердачных перекрытий малоэтажных зданий первого индустриального периода, что вызывает значительные тепловые потери через них. Тогда как в конструкции перекрытия в виде монолитной железобетонной плиты тепловые потери отсутствуют (рисунок 3.8).

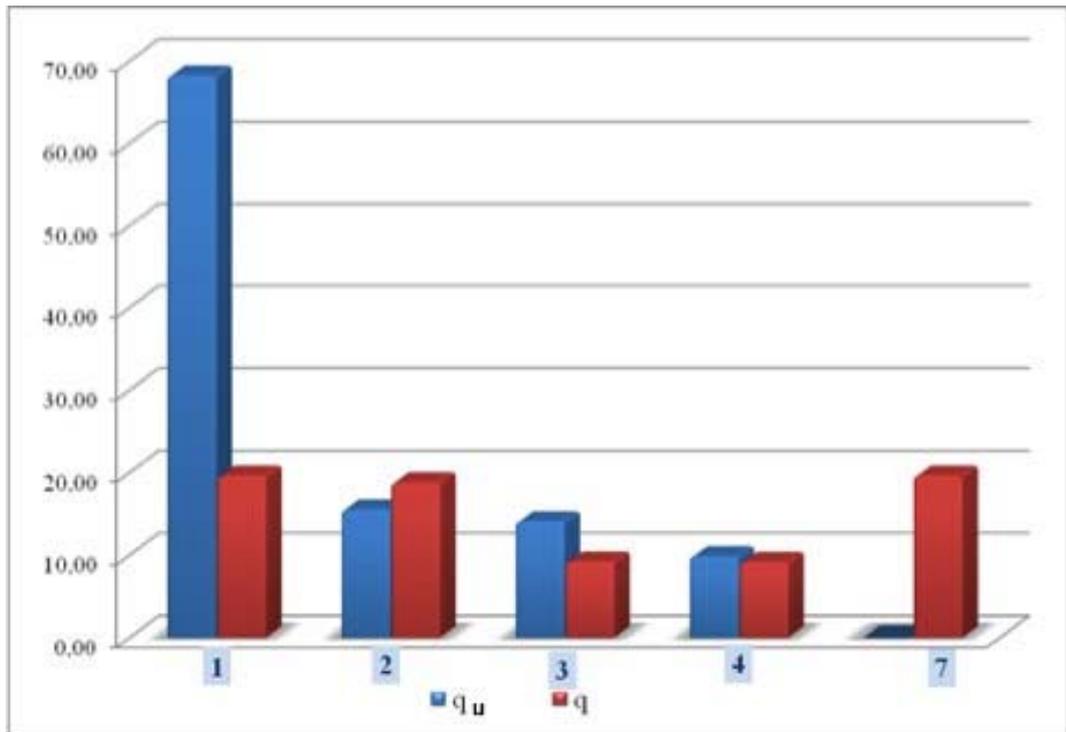


Рисунок 3.8 – Диаграмма сравнения расчетных значений тепловых потерь q_u и q для вариантов чердачных перекрытий с утеплителем в виде котельного шлака:

1 – конструктивная схема №1; 2 – конструктивная схема №2;

3 – конструктивная схема №3; 4 – конструктивная схема №4;

5 – конструктивная схема №7

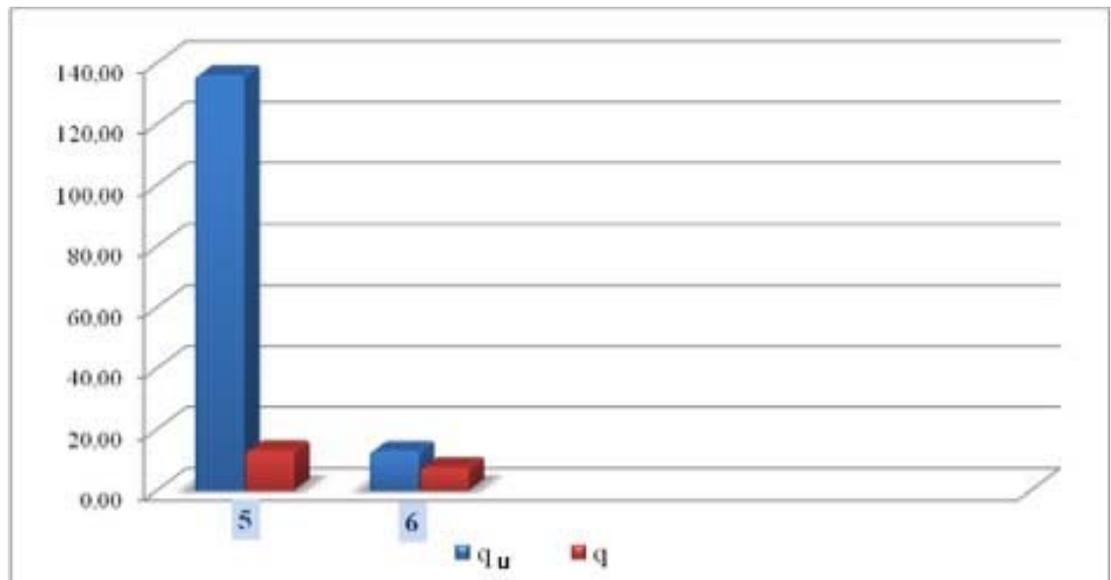


Рисунок 3.9 – Диаграмма сравнения расчетных значений тепловых потерь q_u и q для вариантов чердачных перекрытий с утеплителем в виде керамзита:

1 – конструктивная схема №5; 2 – конструктивная схема №6

Через конструкции чердачных перекрытий с засыпным утеплителем, имеющих малое значение сопротивления воздухопроницанию, величина тепловых потерь q_u значительно больше той величины q , которая определяется по стандартной методике в отсутствие эксфильтрации (по уравнению (3.1)). Для обследованной конструкции перекрытия отношение q_u/q составило 3,5. С увеличением тепловых потерь ухудшается тепловой режим помещений, что подтверждается данными, полученными в ходе инструментальных замеров параметров микроклимата помещений верхних этажей (температура воздуха этих помещений в период резких похолоданий находилась в пределах 14–15°C).

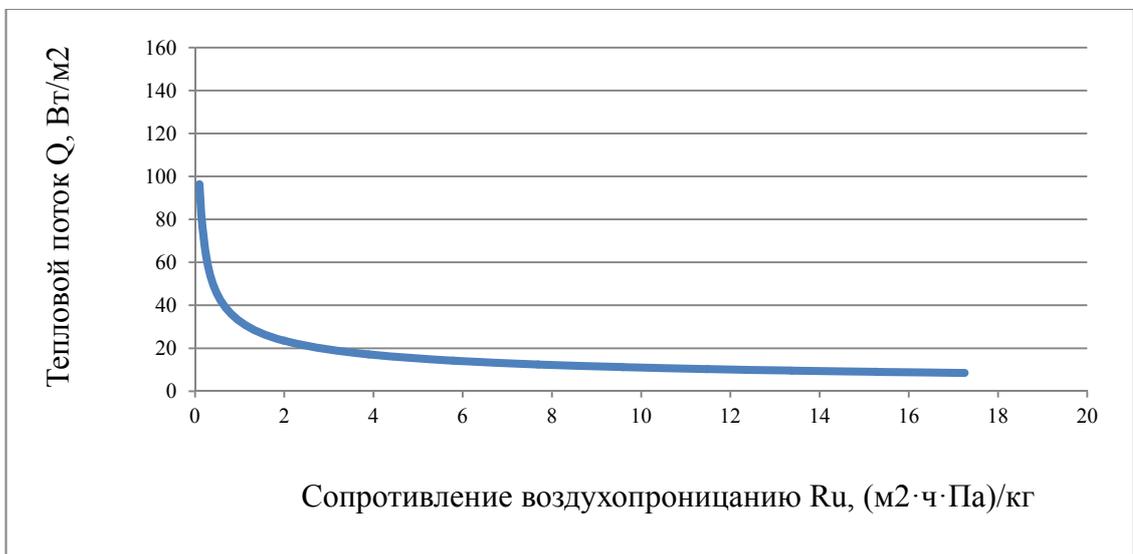


Рисунок 3.10 – Зависимость тепловых потерь конструкции по схеме 1 от величины R_u

Расчеты по разработанной модели были сделаны и для наружных стен, (выполненных из относительно воздухопроницаемых материалов (рисунок 3.11)), верхних этажей зданий на участках в потолочной зоне, где процесс эксфильтрации воздуха протекает более интенсивно (рисунки 3.14-3.17).

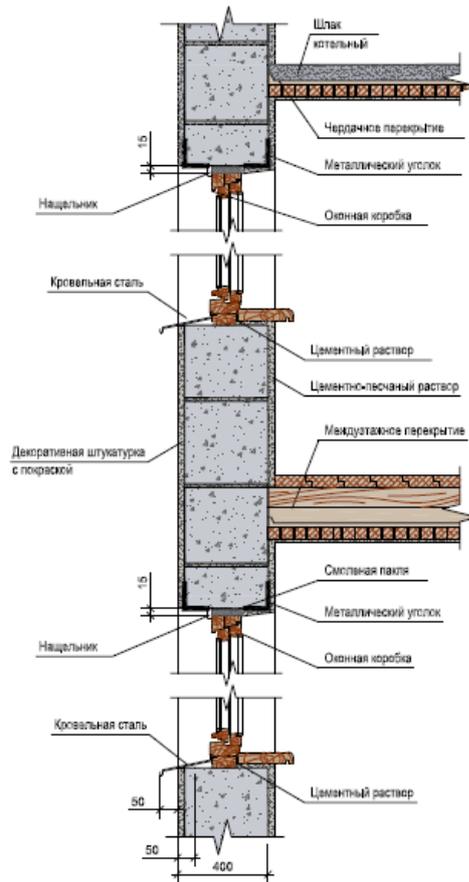


Рисунок 3.11 – Конструкция наружной стены малоэтажного жилого здания первого индустриального периода

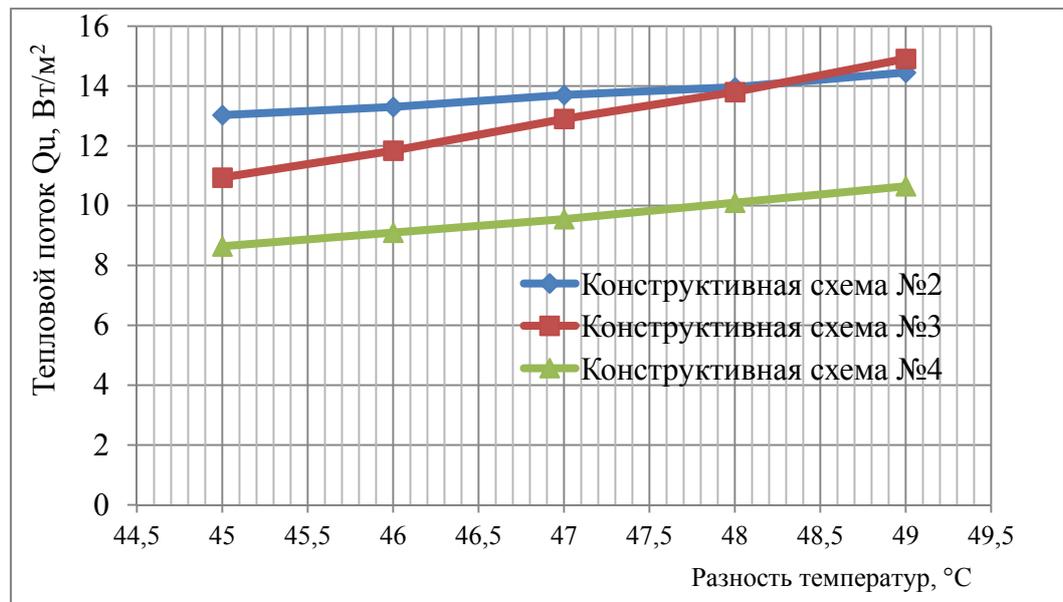


Рисунок 3.12 – Зависимость теплового потока q_u от разности температур для чердачного перекрытия

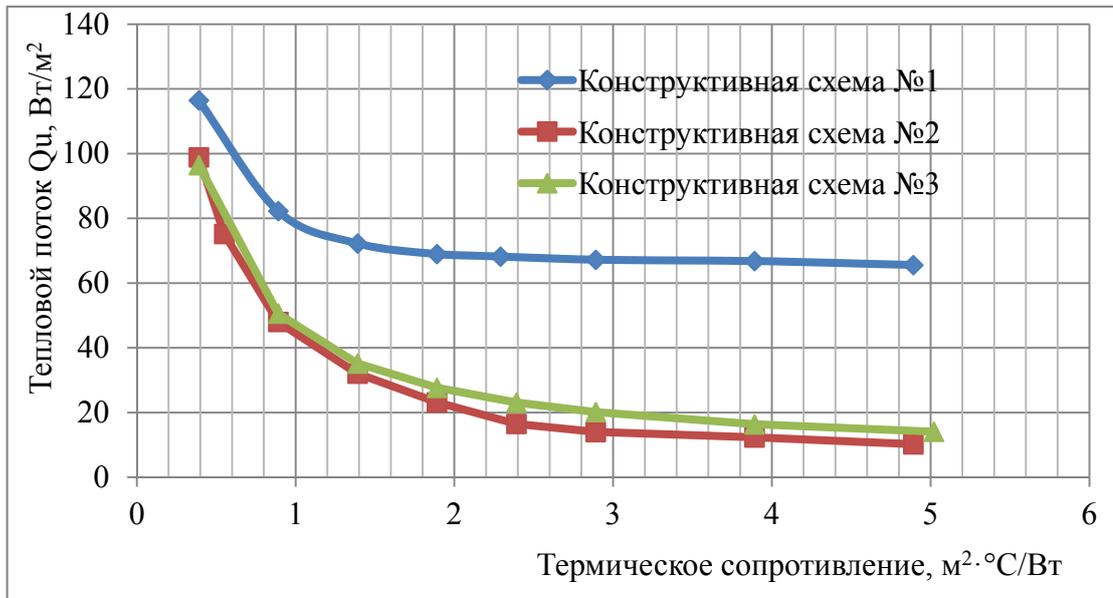


Рисунок 3.13 – Зависимость теплового потока q_u от термического сопротивления R_0 для чердачного перекрытия

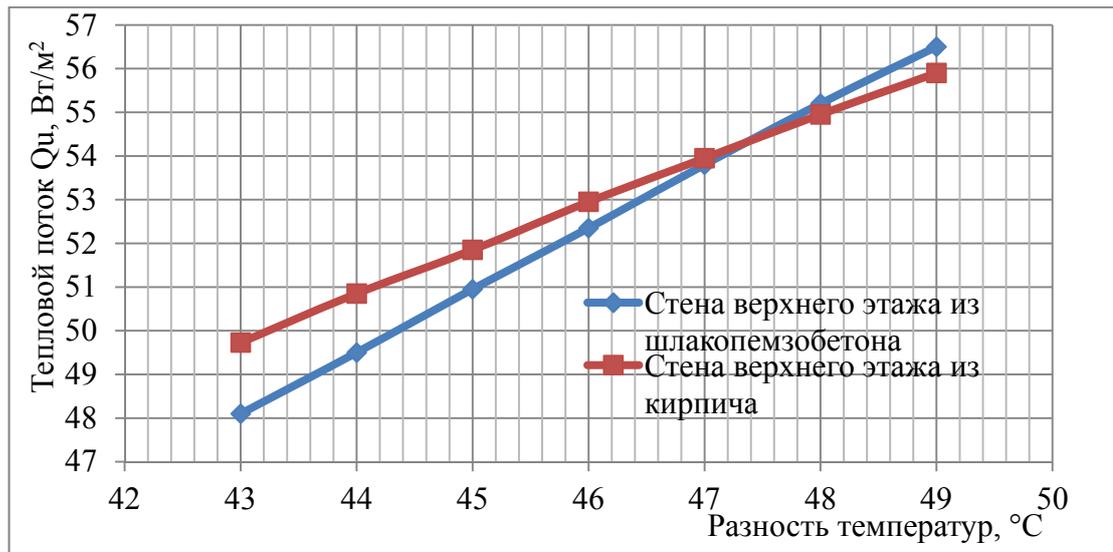


Рисунок 3.14 – Зависимость теплового потока q_u на внутренней поверхности наружной стены верхнего этажа из шлакопемзобетона и наружной стены из кирпича от разности внутренней и наружной температур

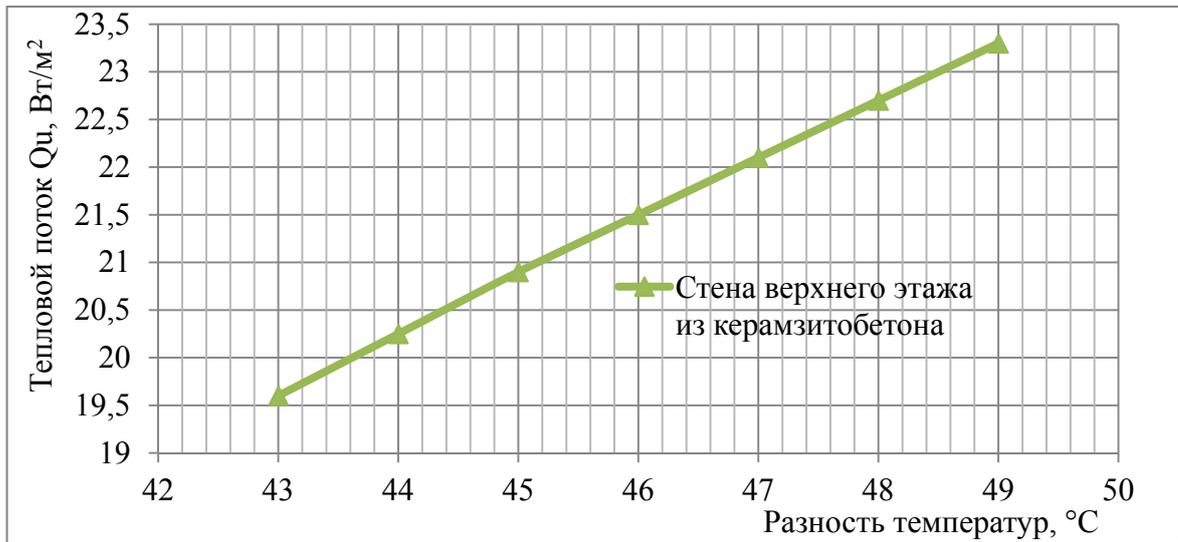


Рисунок 3.15 – Зависимость теплового потока q_u на внутренней поверхности наружной стены верхнего этажа из керамзитобетона от разности внутренней и наружной температур

С увеличением скорости движения воздуха возрастает разница давлений воздуха Δp и интенсифицируется тепловой поток вследствие эксфильтрации воздуха (рисунки 3.16-3.18).

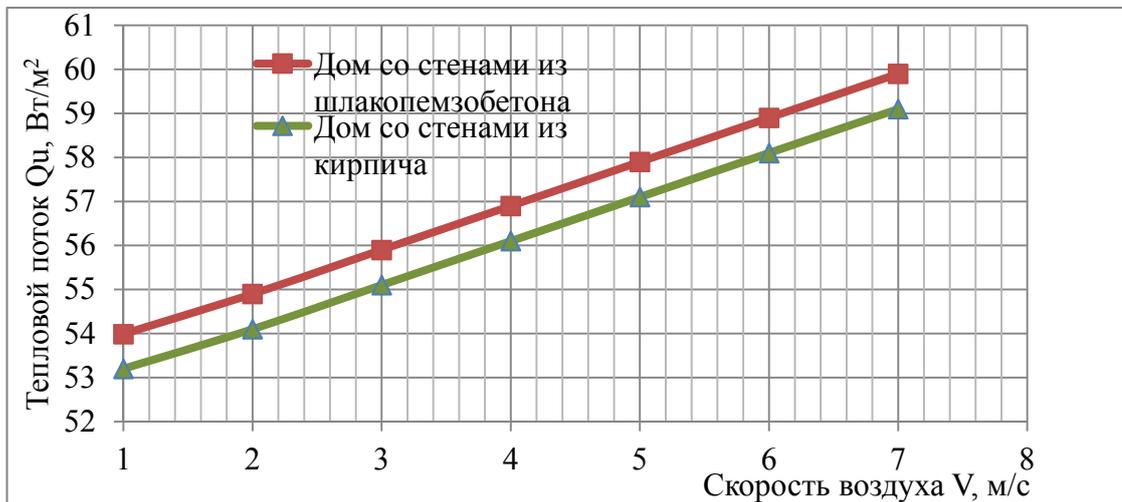


Рисунок 3.16 – Зависимость теплового потока q_u на внутренней поверхности наружной стены верхнего этажа из шлакопемзобетона и наружной стены из кирпича от скорости воздуха

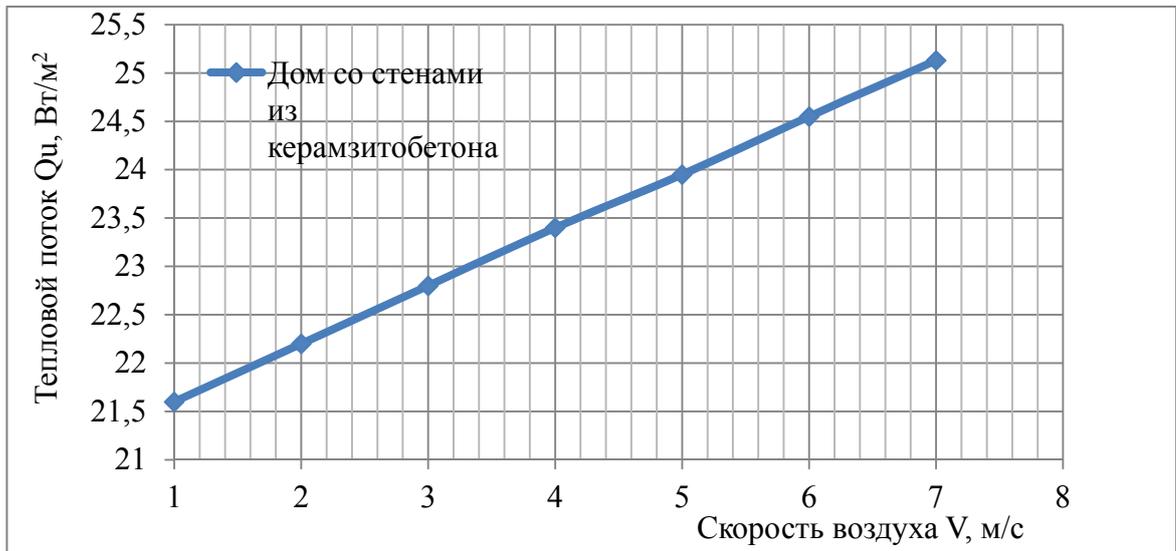


Рисунок 3.17 – Зависимость теплового потока q_u на внутренней поверхности наружной стены верхнего этажа из керамзитобетона от скорости воздуха

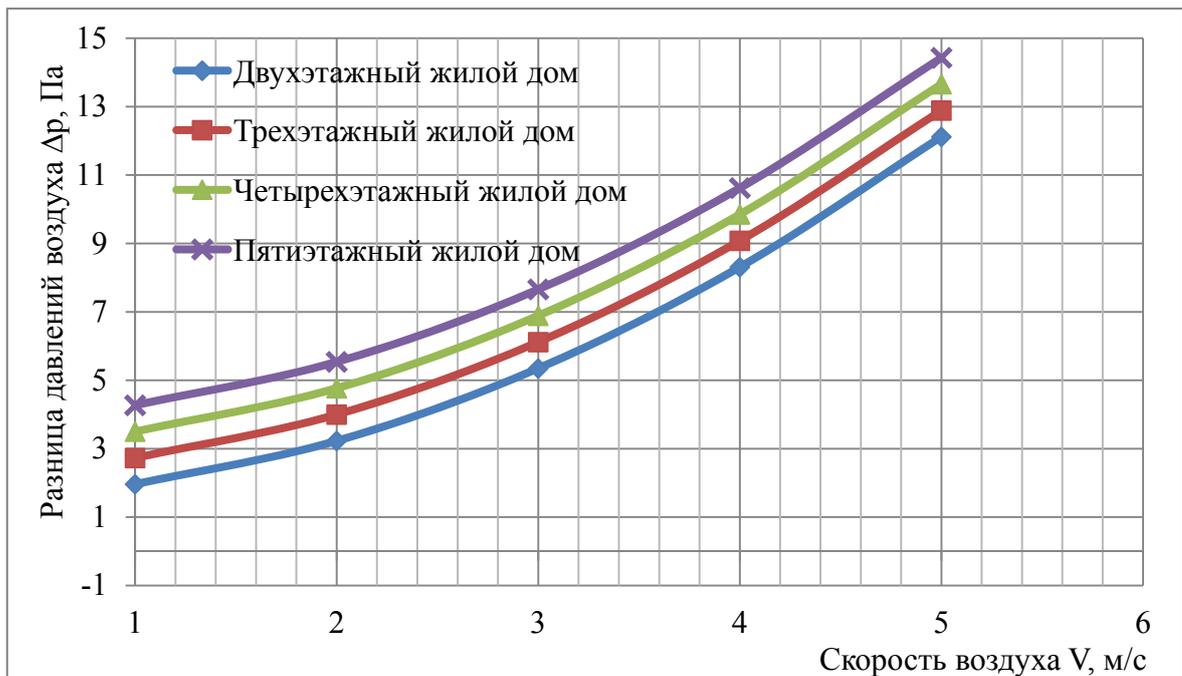


Рисунок 3.18 – Зависимость разницы давления воздуха Δp от скорости воздуха v для зданий разной этажности

На рисунках 3.19 и 3.20 зависимости количества эксфильтрующегося через стены воздуха ω от сопротивления воздухопроницанию R_u и этажности здания подтверждают одно из основных положений строительной теплофизики о необходимости расположения более плотного конструктивного слоя с внутренней

стороны наружной ограждающей конструкции. Это позволяет снизить тепловые потери помещений, имеющих ограждения с относительно небольшими величинами R_u .

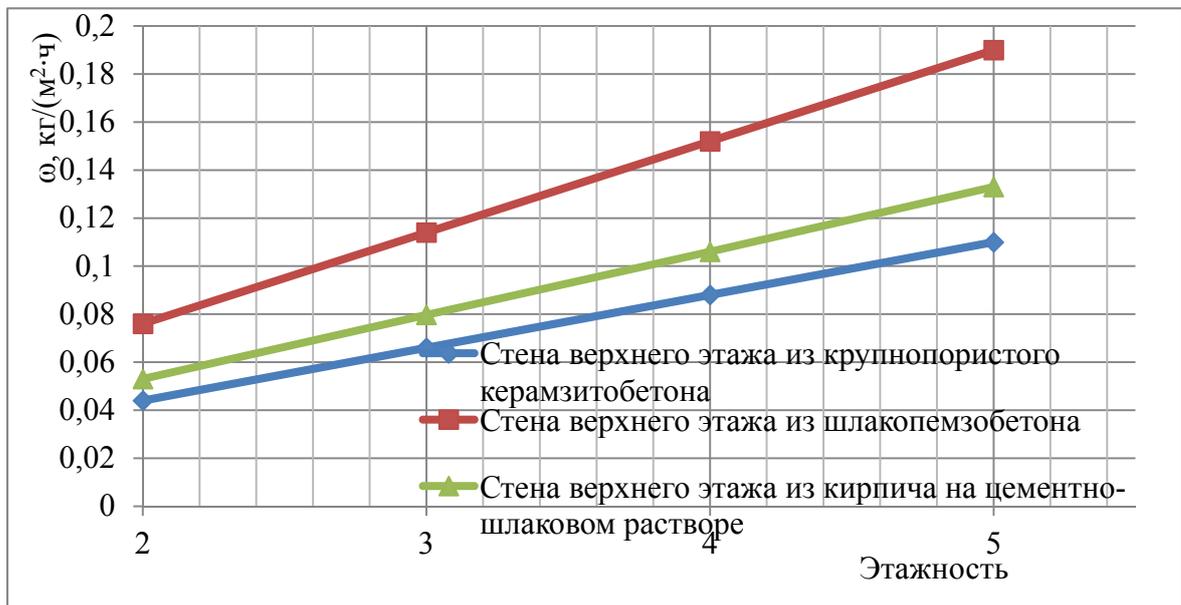


Рисунок 3.19 – Зависимость количества эксфильтрующегося воздуха ω через конструкции наружных стен верхнего этажа от этажности

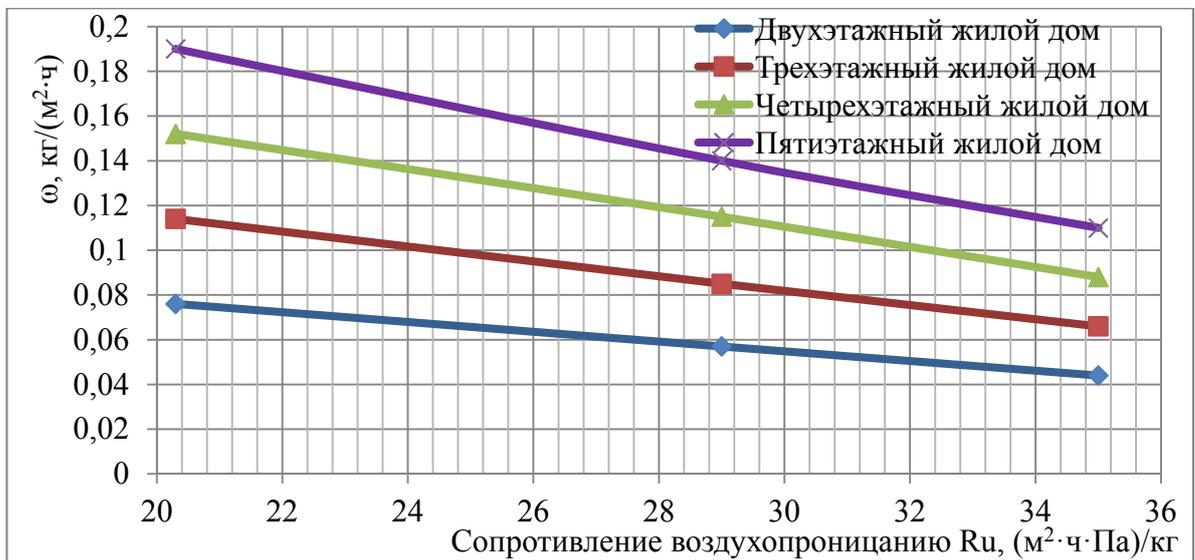


Рисунок 3.20 – Зависимость количества эксфильтрующегося воздуха ω через конструкции наружных стен верхнего этажа от сопротивления воздухопроницанию R_u

3.5 Основные выводы по результатам исследования

В данной главе представлены разработанные в ходе диссертационного исследования методика и способ оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружные ограждающие конструкции с целью экономии тепловых потерь здания. В соответствии с предложенной методикой дана оценка энергоэффективности различным конструктивным решениям чердачного перекрытия.

По результатам исследований уточнены закономерности процессов тепло-массопереноса через пористую структуру наружного ограждения, позволяющие оценить тепловые потери при эксфильтрации теплого воздуха. Определены расчетные зависимости количества эксфильтрующегося воздуха через конструкции наружных ограждений верхнего этажа от этажности и от сопротивления воздухопроницанию, а также зависимость теплового потока на внутренней поверхности наружной стены от плотности материала стены, от разности температур окружающих сред и от скорости движения воздуха.

Выполненные расчеты показали, что при термомодернизации конструкции чердачного перекрытия с использованием воздухо непроницаемого слоя экономия тепловой энергии для обследованных двухэтажных жилых домов может достигать 16%, а для квартала из 15 аналогичных домов общей площадью 1 000 м² каждый – 225 530 руб. за отопительный период в ценах 2016 г.

ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛА ПОДЗЕМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ

4.1 Общее состояние вопроса

Важным фактором уменьшения выброса парниковых газов в атмосферу, повышающих интенсивность процесса глобального потепления, является использование альтернативных источников энергии, в том числе тепла земли. В трудах отечественных и зарубежных ученых исследования, связанные с передачей тепловой энергии земли в помещения здания, рассматриваются чаще всего на основе применения грунтовых теплообменников и теплонасосных установок, имеющих относительно большую стоимость и требующих проведения сложных буровых и монтажных работ.

Тепловые потери различных конструкций зданий, расположенных в грунте, были рассмотрены А.Г. Сотниковым [82], П.И. Дячком [36], Е.Г. Малявиной [60, 61] и другими авторами.

Проблемой использования тепловой энергии земли занимались также Г.П. Васильев и Н.В. Шилкин. В своей работе [93] они говорят о том, что тепловой режим грунта поверхностных слоев земли формируется под действием двух основных факторов: падающей на поверхность земли радиации солнца и потока радиогенного тепла недр. Для более эффективного использования этого тепла они предлагают получать эту энергию с помощью теплообменников, расположенных непосредственно в грунте, и теплонасосных установок. Такой источник энергии может быть использован повсеместно в течение длительного времени и быть возобновленным по окончании периода эксплуатации.

Кроме того, один из аспектов этой проблемы был рассмотрен в работе [82], где предложена методика расчета теплотерь заглубленной части здания, учитывающая теплопроводность грунта и термическое сопротивление стен и пола.

Вопросам теплообмена и воздушного режима зданий посвящены работы Ю.А. Табунщикова, И.Ф. Ливчака, В.Н. Богословского, И.В. Черешнева, Е.Г. Малавиной, Р.В. Владимирова [22, 29, 54, 55, 61, 94, 106].

В работе [29] отмечается, что вентиляция подвальных помещений имеет важное значение наравне с их теплоизоляцией.

Более экономичное инженерное решение системы приточно-вытяжной вентиляции с помощью подземных туннелей или каналов, предложенное в работе [106], носит описательный характер и не дает оценку эффективности утилизации тепла, поступающего в подземное пространство здания со стороны окружающего земляного массива и через цокольное перекрытие.

4.2 Постановка задачи эксперимента

В поставленную задачу исследования входили:

1. Разработка модели и методики использования тепла подвальных помещений для снижения расходов на отопление.
2. Оценка экономии тепловой энергии при использовании рассмотренного способа энергосбережения.

Для оценки эффективности утилизации тепла, поступающего в подземное пространство здания со стороны окружающего земляного массива и через цокольное перекрытие, разработали расчетную модель, основанную на использовании воздуховода, который одним концом выводился через отверстие в стене подвала в наружную атмосферу, а другим – выходил в помещение первого этажа двухэтажного жилого дома. Сущность разработанной модели построена на представлении, что на подогрев определенного объема вентиляционного воздуха, поступающего из такого воздуховода в обогреваемое помещение, будет затрачено меньшее количество тепловой энергии, чем на подогрев такого же объема более холодного воздуха, впускаемого через приточное отверстие в надземное помещение. В зависимости от конструктивного решения ограждений подвальных помещений температура их воздушной среды может превышать $+10^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о

целесообразности утилизации поступающих в нее тепловых потоков [15]. Кроме того, в отличие от инсолируемых поверхностей поступление тепла к подземным ограждениям происходит со всех сторон земляного массива [21].

4.3 Методика оценки эффективности утилизации тепла воздуха подвального помещения

Температуру t_x , °С, нагреваемого воздуха в сечении x воздуховода определяли по формуле Богословского В.Н., использованной им для расчета среднесуточной температуры воздушных прослоек ограждающих конструкций

$$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}. \quad (4.1)$$

Основанные на понятии величины t_x были разработаны и решены расчетные модели по утилизации тепла верхних слоев земли с помощью вентилируемых подземных каналов [18] и вентилируемой воздушной прослойки со стороны внутренней поверхности наружной стены [57].

В формуле (4.1) величина t_c зависит от безразмерных показателей C_o и D_o ($t_c = C_o/D_o$), а величина A – от коэффициента теплообмена α_k , количества воздуха $W_{\text{вент}}$, проходящего через воздуховод, удельной теплоемкости воздуха в сечении x ($A = \alpha_k \cdot D_o / (W_{\text{вент}} \cdot c_x)$).

На подогрев наружного холодного воздуха $W_{\text{вент}}$, кг/ч, имеющего удельный вес γ_n , Н/м³, затрачивается количество тепла:

$$Q = 0,28 \cdot W_{\text{вент}} \cdot \gamma_n \cdot c_v \cdot (t_b - t_n), \quad (4.2)$$

где t_b и t_n – температура внутреннего и наружного воздуха, °С; $W_{\text{вент}}$ – расчетный расход воздуха, кг/ч,

$$W_{\text{вент}} = 3600 v_{\text{вп}} \cdot \rho_{\text{вп}} \cdot S \cdot c_v; \quad (4.3)$$

здесь $v_{\text{вп}}$ и $\rho_{\text{вп}}$ – скорость, м/с, и плотность, кг/м³, воздуха в воздуховоде; S – площадь сечения воздуховода, м²; c_v – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж (кг·°С).

Для проверки разработанной расчетной модели была сконструирована экспериментальная установка (рисунки 4.1, 4.2), состоящая из воздуховода в виде

плотного полиэтилена длиной 11 м, сечением 11 см и комплекта измерительных приборов. Вентилятор марки Домовент 125 ВКО обеспечивал циркуляцию воздуха, скорость которого измеряли с помощью электронного прибора "Метеометр МЭС–200", а температуру – термометрами RST 02103 с термосенсорами, которые закреплялись внутри воздуховода. Отверстия для ввода термосенсоров тщательно герметизировались. Измерения проводили при значениях температур наружного воздуха $t_n = -2; -4; -6^\circ\text{C}$ и температуры воздуха подвала $t_b = +9^\circ\text{C}$.



Рисунок 4.1 – Установка воздуховода в подвальном помещении

Значения температуры воздуха t_x по длине воздуховода, полученные по результатам инструментальных замеров и вычисленные по формуле (4.1), показаны в таблицах 4.1 и 4.2. При расчете t_x были определены величины дополнительных параметров, входящих в эту формулу: $C_o = 25,4^\circ\text{C}$; $D_o = 0,94$; $\alpha_k = 5,2 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

Таблица 4.1 – Температура воздуха t_x , $^\circ\text{C}$ в сечении воздуховода (экспериментальные значения)

Скорость воздуха, $v_{вп}$, м/с	Температура воздуха t_x , $^\circ\text{C}$ при расстоянии от входа, м				
	0	1	6,6	8,9	11
1	-2	-1	4	6	9
1,7	-4	-3	2	4	7
3,2	-6	-5	0,1	2,2	5

Таблица 4.2 – Температура воздуха t_x , °С в сечении воздуховода (теоретические значения)

Скорость воздуха, $v_{вп}$, м/с	Температура воздуха t_x , °С при расстоянии от входа, м				
	0	1	6,6	8,9	11
1	-2	-1,01	4,09	5,55	7,29
1,7	-4	-3,41	-0,33	0,78	2,3
3,2	-6	-5,66	-3,86	-3,22	-2,59

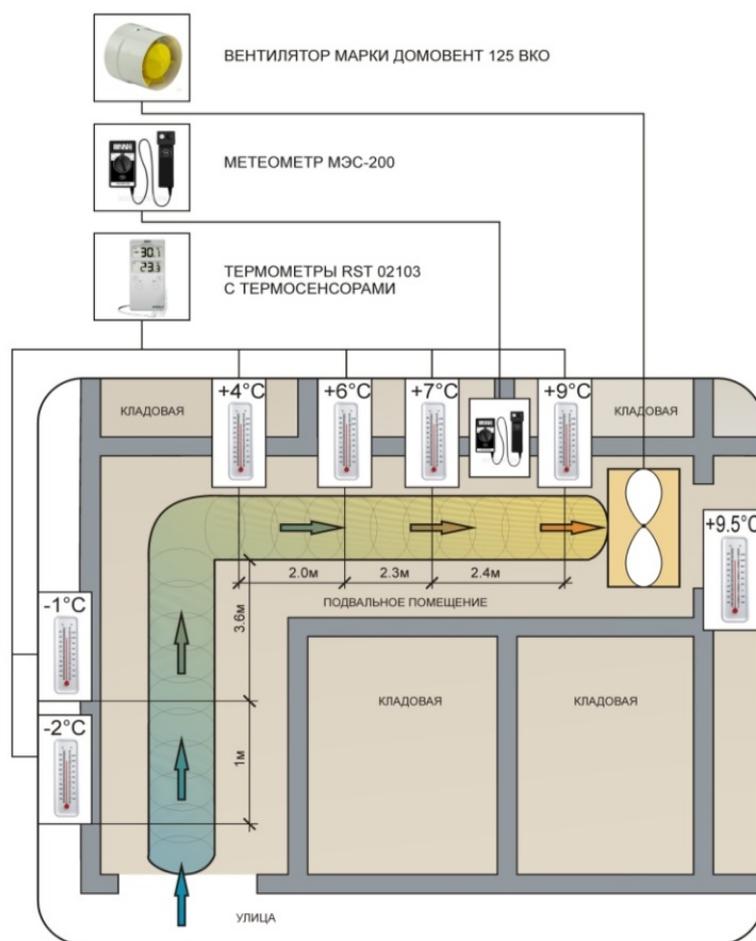


Рисунок 4.2 – Устройство экспериментальной установки
в подвальном помещении

Сравнение данных, приведенных в таблицах 4.1 и 4.2, показывает хорошую сходимость экспериментальных и теоретических значений величины t_x , °С, только при $v_{вп} = 1$ м/с, что свидетельствует о возможности применения разработанной расчетной модели в диапазоне относительно небольших скоростей движения воздуха в воздуховоде.

Полученные значения t_x на выходе воздуха из воздуховода дают возможность рассчитать эффект энергосбережения при утилизации тепловых потоков, поступающих в подвальное помещение.

С этой целью по формуле (4.3) для значения $v_{вп} = 1$ м/с определили количество вентиляционного воздуха, поступающего из воздуховода в помещение:

$$w_{вент} = 3600 \cdot 1 \cdot 1,29 \cdot (3,14 \cdot 0,055^2) \cdot 1,005 = 42 \text{ кг/ч или } 34 \text{ м}^3/\text{ч воздуха.}$$

Найденная величина $w_{вент}$ обеспечивает нормативную потребность в вентиляционном воздухе жилой комнаты площадью $11,3 \text{ м}^2$.

На подогрев этого количества воздуха, поступающего из подвального помещения с температурой $+9 \text{ }^\circ\text{C}$, до температуры воздуха жилого помещения $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ потребуется следующая величина тепловой энергии в соответствии с формулой (4.2):

$$Q_1 = 0,28 \cdot w_{вент} \cdot \gamma_n \cdot c_B \cdot (t_B - t_n) = 0,28 \cdot 42 \cdot 12,3 \cdot 1,005 \cdot (20 - 9) = 1\,599 \text{ кДж};$$

Для сравнения на рисунке 4.3 показаны значения величины Q на подогрев нормативного объема вентиляционного воздуха, поступающего через традиционное приточное отверстие в холодный период года для помещения площадью $11,3 \text{ м}^2$.

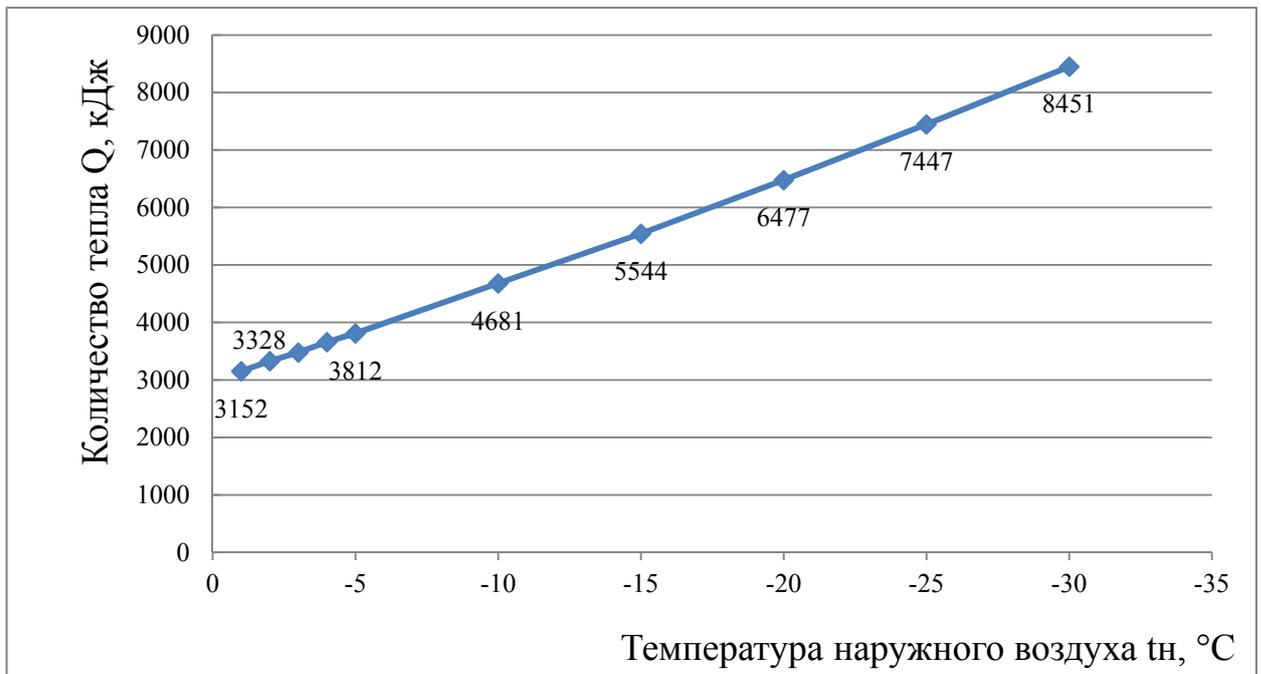


Рисунок 4.3 – Зависимость величины Q от температуры наружного воздуха t_n

Данные на рисунке 4.3 показывают, что при низких температурах наружного воздуха многократно увеличивается расход тепловой энергии Q на подогрев приточного воздуха по сравнению с ее величиной, затраченной при использовании тепла подвального помещения.

На подогрев воздуха с температурой -2°C через традиционное приточное отверстие в условиях проведенного эксперимента для жилых помещений в зависимости от их площади потребуется

при площади $11,3 \text{ м}^2$:

$$Q_2 = 0,28 \cdot W_{\text{вент}} \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 0,28 \cdot 42 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 3\,328 \text{ кДж.}$$

при площади 18 м^2 ($18 \cdot 3 = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$):

$$Q_3 = 0,28 \cdot 54 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 4279 \text{ кДж.}$$

при площади 60 м^2 ($60 \cdot 3 = 180$):

$$Q_4 = 0,28 \cdot 180 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 14263,6 \text{ кДж.}$$

Тогда эффект энергосбережения для этих помещений составит соответственно

$$\mathcal{E}_1 = (Q_1/Q_2)100 = (1\,599/3328)100 = 48\%.$$

$$\mathcal{E}_2 = (Q_1/Q_3)100 = (1\,599/4279)100 = 37\%.$$

$$\mathcal{E}_3 = (Q_1/Q_4)100 = (1\,599/14264)100 = 11\%.$$

Таким образом, результаты расчета и экспериментальная проверка принятой модели утилизации тепла показали, что прокладка воздуховода в подвальном помещении может обеспечить экономию тепловой энергии на отопление в размере до 48%, 37% и 11% для жилых помещений (квартиры), имеющих площадь соответственно $11,3 \text{ м}^2$, 18 м^2 и 60 м^2 .

Срок окупаемости инвестиций в данную установку с учетом дисконтирования поступающих доходов (для обеспечения сопоставимости единовременных и эксплуатационных денежных потоков разных периодов они должны быть дисконтированы) за счет экономии энергоресурсов. $T_{\text{д}}$, год, определили по формуле

$$T_{\text{д}} = -\ln [1 - RT_0] / \ln(1 + R), \quad (4.4)$$

где R – расчетная норма дисконта, %; T_0 – бездисконтный срок окупаемости инвестиций, год, определяется по формуле

$$T_0 = K/\Delta Д,$$

где K – инвестиции в энергосберегающие мероприятия, руб.; $\Delta Д$ — ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий, руб./год.

Инвестиции K на изготовление такой установки составили 876 рублей. Ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов 1980 руб./год с одной квартиры. Тогда $T_0 = 876/1980 = 0,44$ года, а срок окупаемости T_d составит $T_d = -\ln [1-0,1 \cdot 0,4]/\ln 1,1 = 0,42$ года или 5 месяцев.

4.4 Основные закономерности, выявленные в ходе проведения эксперимента

По результатам эксперимента и теоретических расчетов был построен график распределения температуры по длине воздуховода при $v_{вп} = 1$ м/с (рисунок 4.4), а также приведена зависимость величины количества тепла Q от температуры наружного воздуха t_n при условии, что будет использован не один, а два или три воздуховода (рисунок 4.5). На графике видно, что количество тепла, поступающего в помещение, значительно возрастает при увеличении количества воздуховодов.

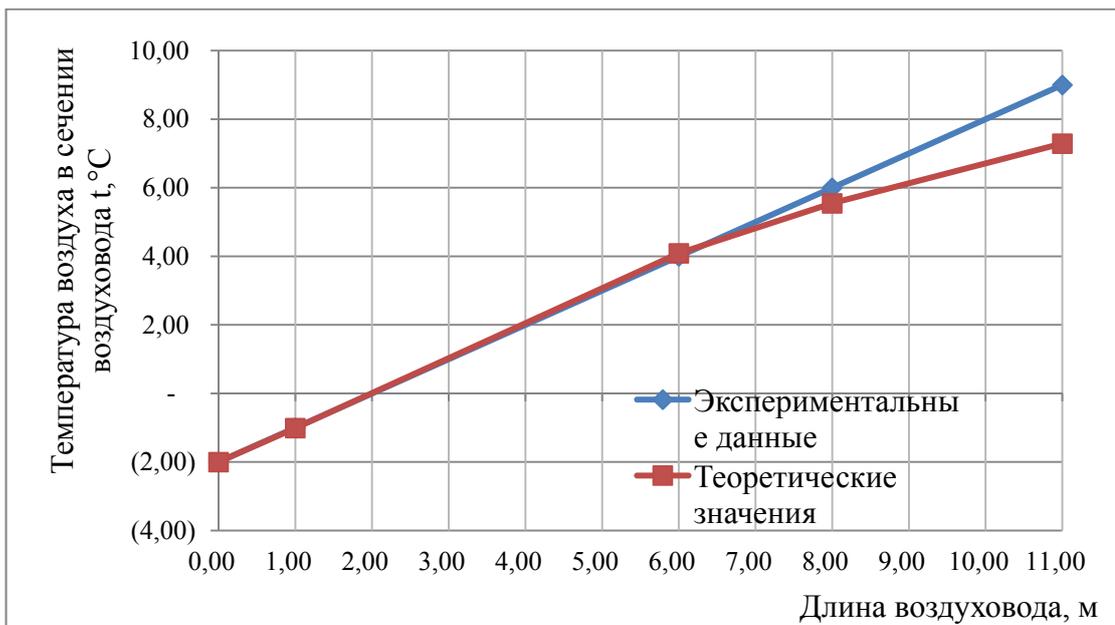


Рисунок 4.4 – График распределения температуры по длине воздуховода при скорости воздуха 1 м/с

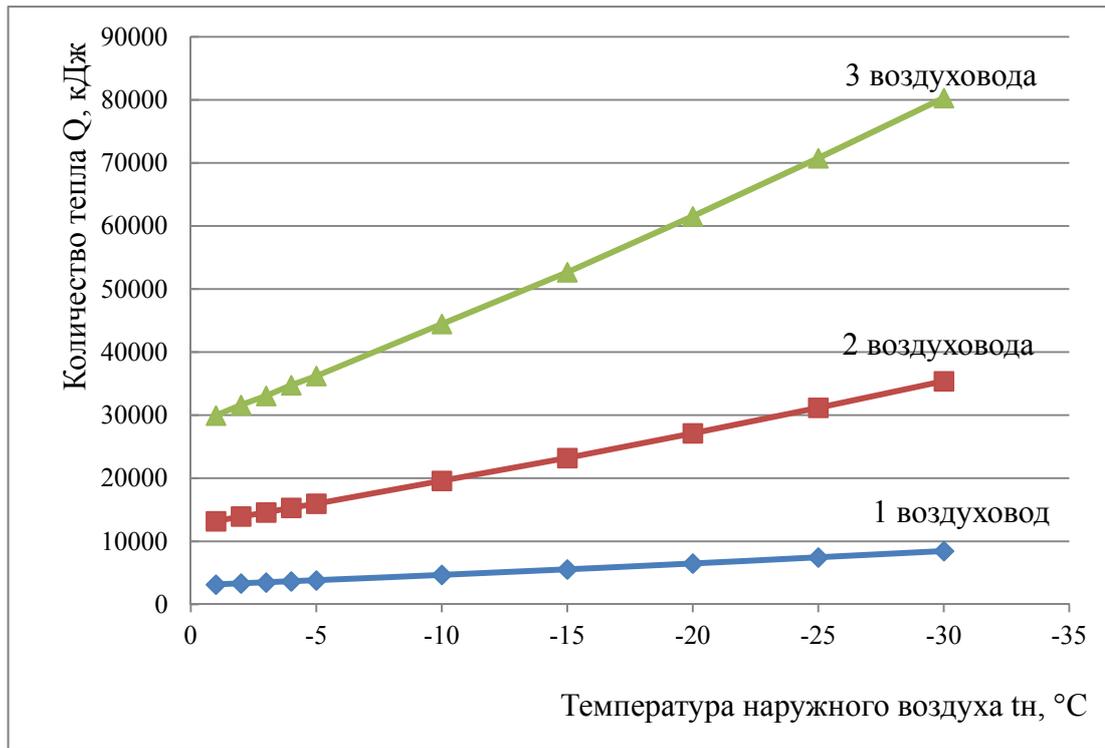


Рисунок 4.5 – Зависимость величины количества поступающего тепла Q от температуры наружного воздуха t_n для нескольких воздухопроводов

На графике (рисунок 4.6) показано повышение температуры при движении воздуха по длине воздухопровода на скорости менее 1 м/с.

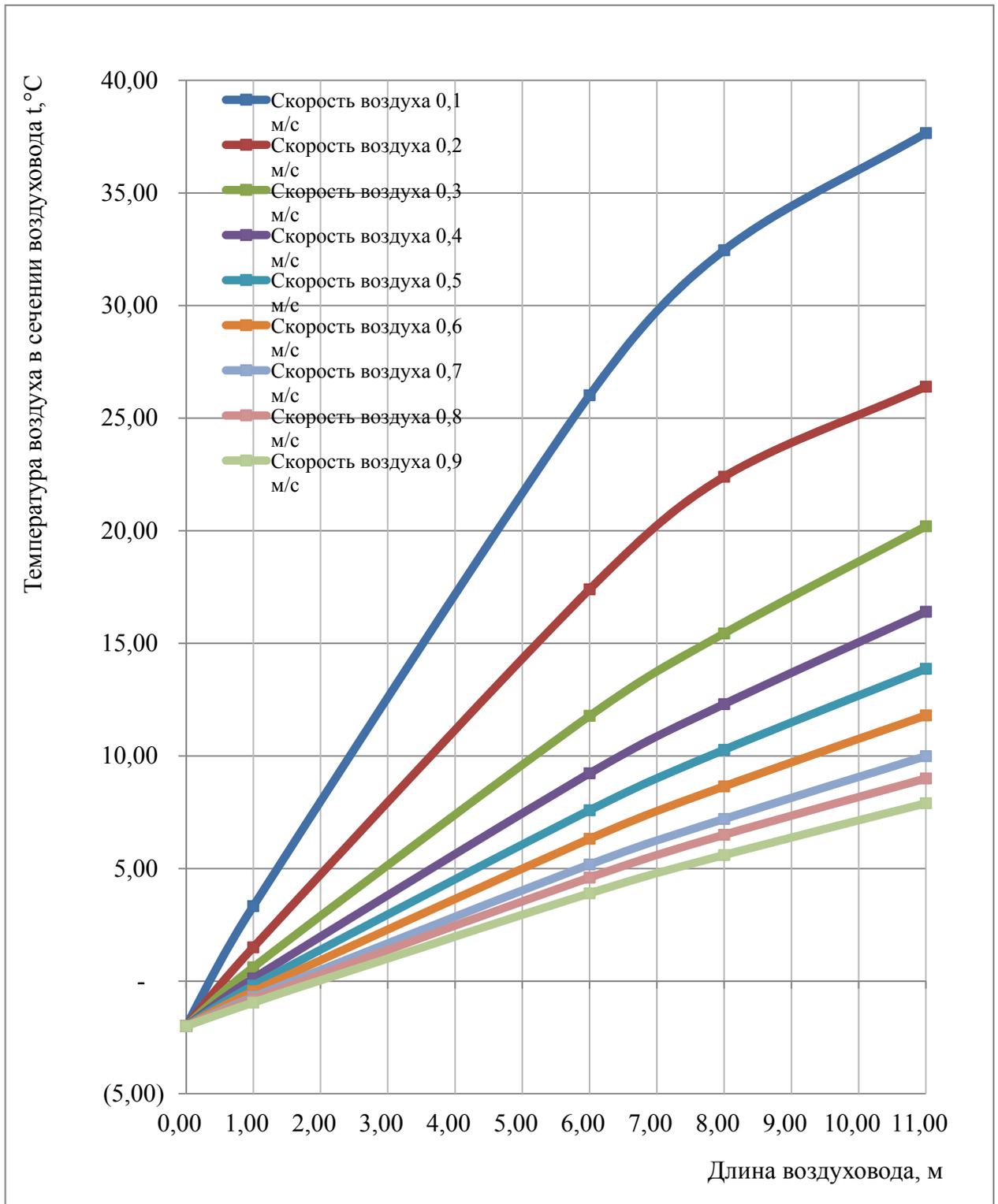


Рисунок 4.6 – График распределения температур по длине воздуховода при скорости движения воздуха менее 1 м/с

4.5 Выводы по результатам исследования

Результаты расчета показали:

– при низких температурах наружного воздуха существенно увеличивается расход тепловой энергии Q на подогрев приточного воздуха по сравнению с ее величиной, затраченной при использовании тепла подвального помещения;

– экономия тепловой энергии при использовании рассмотренного способа энергосбережения и принятых исходных данных ($t_n = -2^\circ\text{C}$, t_x на выходе $+9^\circ\text{C}$) для жилых помещений площадью 60, 18 и 11,3 м² составляет соответственно 11, 37 и 48%, а экономический эффект для жилого квартала из двухсекционных двухэтажных домов – 237 600 руб. за отопительный период;

– расходы на устройство воздуховода и его элементов окупаются в течение одного отопительного периода (5–6 месяцев).

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Малоэтажное строительство дает возможность приобрести безопасное, комфортное жилье, которое отвечает всем современным требованиям. Однако известно, что затраты на отопление в таких домах намного выше, чем в многоэтажных из-за бóльшего количества теплопотерь, что связано с величиной коэффициента компактности формы здания.

В связи с постоянным повышением тарифов на использование электрической и тепловой энергии и постепенным исчерпанием запасов органического топлива проблема энергосбережения становится все более актуальной. Ее решение должно безусловно учитывать экономическую сторону вопроса. В условиях дефицита энергии любое значимое сбережение энергии будет актуальным, если его реализация не сопровождается обратным эффектом, то есть оно не будет энергозатратным. Для этого все конкретные энергосберегающие мероприятия должны быть экономически окупаемыми [30].

Отсутствие технико-экономического обоснования приводит к нерациональному расходованию материальных ресурсов и малорентабельным капиталовложениям при строительстве новых и капитально ремонтируемых зданий [44].

Так, в [76] авторами оценена энергоэффективность двух зданий и определена целесообразность комплекса энергосберегающих мероприятий в них. За основу расчета принята методика, изложенная в [77]. Экономическая оценка энергоэффективности зданий сводится к определению их энергетической эксплуатационной характеристики, кВт·ч/(м²·год). Она равна удельным суммарным затратам тепловой и электрической энергии на 1 м² отапливаемой площади здания за один отопительный период в годовом цикле эксплуатации за

вычетом теплоступлений от людей, электробытовых приборов и солнечной радиации через световые проемы.

Гагарин В.Г. в одной из своих работ [31] приводит математическую модель условий окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций здания. Автор работы [101] для оценки экономичности малоэтажных индивидуальных жилых домов предлагает применить такой оценочный критерий как дисконтированные чистые расходы (ДЧР), который характеризует суммарные единовременные и текущие затраты, связанные с оцениваемым объектом. В состав единовременных затрат входят все затраты на этапах производства и продажи объекта, т.е. связанные со строительством и сдачей дома в эксплуатацию (принимаются на основании сметной стоимости). Текущие расходы складываются из эксплуатационных затрат за период с момента введения объекта в эксплуатацию до его утилизации.

Экономическая сторона вопроса была также рассмотрена в работах [35, 38, 39], авторы которых не только приводят основные принципы оценки экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия, но и разрабатывают методику расчета экономической эффективности.

В решении проблемы энергосбережения в строительстве на первый план выходят вопросы технико-экономического обоснования принимаемых решений. Некоторые эффективные по экономии тепла энергосберегающие мероприятия, например, такие, как устройство конструкции "солнечной" стены здания, не находят широкого применения из-за большого срока окупаемости, составляющего 20 лет и более.

Для снижения теплотерь в малоэтажных домах автором был разработан комплекс мероприятий, способствующий повышению их энергоэффективности и обоснованный соответствующими технико-экономическими расчетами [6, 7, 15].

Рассмотрены энергосберегающие решения: по блокированию однотипных жилых домов, использованию теплозащитных штор, переносу некоторых подсобных помещений из надземной части в подземное пространство здания и использованию упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора.

5.1 Оценка эффективности блокирования жилых зданий

Как известно, при блокировании объектов эффект экономии тепловой энергии достигается за счет уменьшения коэффициента компактности формы здания после блокирования. Однако при этом снижаются и единовременные затраты на возведение сблокированного здания.

Эффект энергоресурсосбережения оценили на примере коттеджного поселка при блокировании по линейной схеме десяти отдельно стоящих однотипных жилых домов с размерами в плане $4,5 \times 8$ м, имеющих высоту 6 м (рисунок 5.1). Блокированный дом представляет собой примыкающие друг к другу малоэтажные жилые здания-модули, каждый из которых имеет отдельный вход. Для фундаментов и стен подвалов были использованы бетонные блоки, для стен и перегородок – кирпичная кладка.

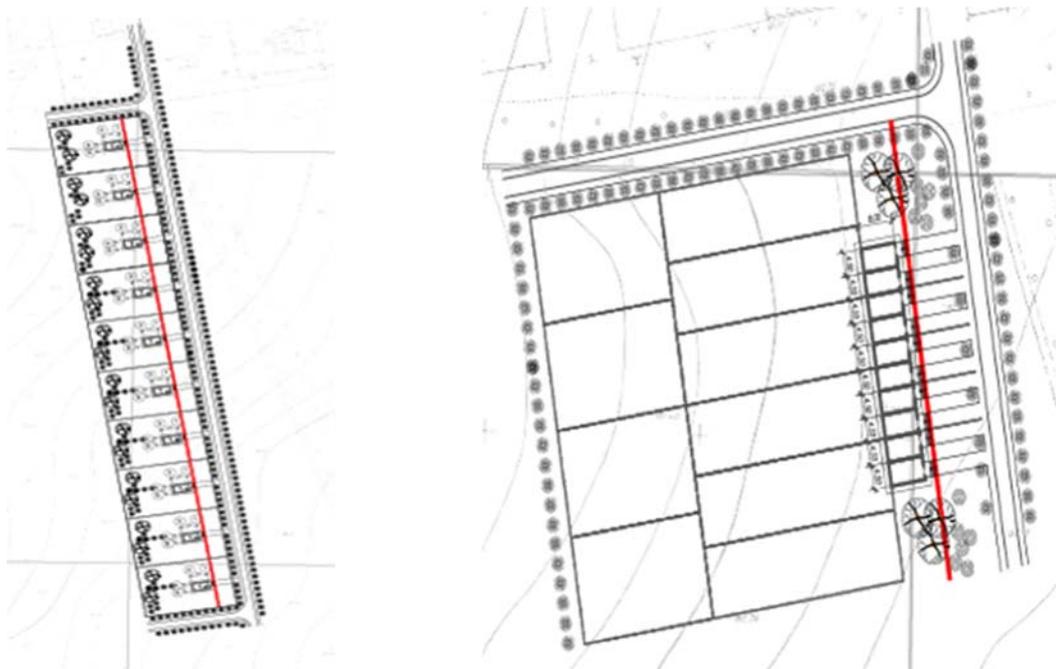


Рисунок 5.1 – Отдельно стоящие и сблокированные жилые здания

Энергоэффективность блокирования I зданий за счет уменьшения площади теплоотдающих поверхностей сблокированного дома определяли по формуле [16]

$$i = \frac{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}} - \sum 2S_{\text{нп}}}{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}} = 1 - \frac{\sum 2S_{\text{нп}}}{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}}, \quad (5.1)$$

где $\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}$ – сумма площадей наружных ограждающих конструкций отдельно стоящих зданий; $\sum 2S_{\text{нп}}$ – удвоенная сумма площадей вновь образованных внутренних граней параллелепипеда.

Сметно-финансовые расчеты (СФР) на строительство отдельно стоящих однотипных зданий и сблокированного из них дома выполнили по действующим нормативным расценкам стоимости материалов, эксплуатации машин и труда рабочих (приложение Б). Эти расчеты показали значительную экономию материально-технических ресурсов при блокировании зданий, достигаемую за счет уменьшения периметра наружных стен (Π) и протяженности фундаментов под них (таблица 5.1, рисунок 5.2). Затраты на устройство стен при блокировании сократились в 1,5 раза, а фундаментов – в 1,3 раза.

Таблица 5.1 – Затраты на строительство до и после блокирования

Этапы расчета	$\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}, \text{ м}^2$	$\Pi, \text{ м}$	Затраты на строительство, руб.	
			фундаментов	стен
До блокирования	1524	254	76 373	917 983
После блокирования	1016	89	55 651	622 221

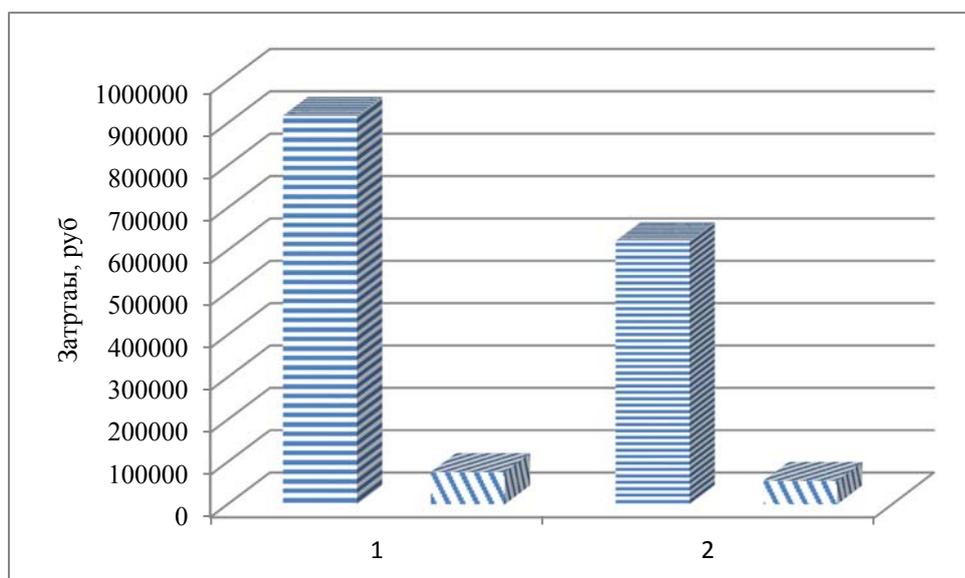


Рисунок 5.2 – Затраты на устройство стен и фундаментов:

1 – до блокирования; 2 – после блокирования

Экономия материалов на фундамент происходит не только по причине уменьшения их протяженности (каждые две блокируемые наружные стены трансформируются в одну внутреннюю), но и вследствие того, что отпадает необходимость в устройстве фундаментов глубокого заложения под блокируемые стены.

В рассмотренном способе блокирования оценочным критерием является экономия тепловой энергии при эксплуатации зданий, а не градостроительные соображения, связанные с оптимизацией планировки населенных мест, величиной приусадебного участка и т.д.

Найденная по формуле (5.1) величина I показала, что при блокировании данных домов по линейной схеме может быть достигнут эффект энергосбережения равный 33% при условии идентичности теплозащитных характеристик их наружных ограждающих конструкций.

5.2 Расчет экономии тепла при устройстве теплозащитных штор

Одним из вариантов повышения теплозащиты окон является установка теплозащитных штор со стороны помещения. Их устройство позволяет снизить

теплопотери помещения в холодное время года в результате уменьшения потока тепла $Q_{\text{ком}}$ через окна (рисунки 5.4, 5.5).

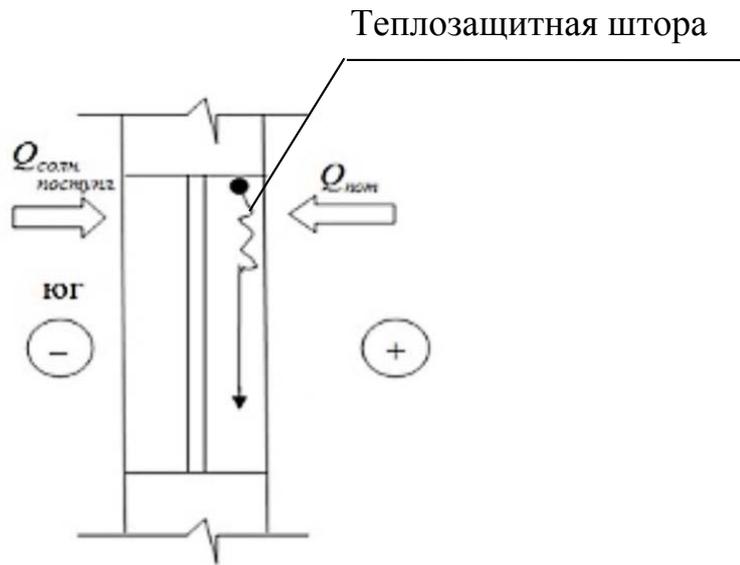


Рисунок 5.3 – Схема окна с теплозащитной шторой



Рисунок 5.4 – Окно с теплозащитной шторой

Такие шторы опускаются в темное время суток, преимущественно осенью и в зимнее время, когда световой день короток.

Для оценки целесообразности использования теплозащитных штор за оценочный критерий был принят срок окупаемости.

Выполненный расчет срока окупаемости инвестиций в данное техническое решение с учетом дисконтирования поступающих доходов показал, что этот срок составляет 39 лет (стоимость штор взята согласно [125]). С целью его снижения за

основу конструктивного решения теплозащитных штор был взят ближайший аналог – светозащитные шторы, для которых выполнили проектную доработку конструкции в виде наклеенных на ленты штор пенополистирольных полосок толщиной 2 см и пластмассовых направляющих, обеспечивающих плотное примыкание штор к откосам оконного проема. Для двухкамерного стеклопакета это позволило увеличить сопротивление теплопередаче с 0,55 до 0,9 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$).

Срок окупаемости инвестиций в данную установку с учетом дисконтирования поступающих доходов (для обеспечения сопоставимости единовременных и эксплуатационных денежных потоков разных периодов они должны быть дисконтированы) за счет экономии энергоресурсов. T_d , год, определили по формуле

$$T_d = -\ln [1 - RT_0] / \ln(1 + R),$$

где R – расчетная норма дисконта, %; T_0 – бездисконтный срок окупаемости инвестиций, год, определяется по формуле

$$T_0 = K / \Delta Д,$$

где K – инвестиции в энергосберегающие мероприятия, руб.; $\Delta Д$ — ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока эксплуатации энергосберегающих мероприятий, руб./год.

В предположении, что затраты на покупку аналога теплозащитных штор были учтены ранее, во внимание приняты только те затраты, которые связаны с установкой направляющих и пенополистирольных полосок. Инвестиции K в данном случае составили 811 рублей на одно окно. Ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов 153 руб./год с одного окна. Тогда $T_0 = 811 / 153 = 5,3$ года, а $T_d = -\ln [1 - 0,1 \cdot 5,3] / \ln 1,1 = 8$ лет.

Результаты расчета показали, что тепловые потери рассмотренного выше жилого блока для коттеджного поселка при использовании теплозащитных штор в окнах снизились с 38717 до 36850 кВт·ч/год, то есть на 5%. А для двухэтажного здания на 18 квартир экономический эффект может составить 14 тыс.руб. за отопительный период.

5.3 Технико-экономическая оценка энергосбережения при переносе подсобных помещений из надземной части здания в подземную

В подземных помещениях нет таких больших теплотерь, как в надземных из-за отсутствия инфильтрации холодного воздуха и благодаря большой теплоаккумулирующей способности окружающего грунтового массива, обеспечивающего относительное постоянство температур в подземном пространстве здания. В него может быть перенесен из надземных этажей целый ряд помещений второстепенного назначения, не нуждающихся в комфортных значениях температур основных рабочих помещений; их тепловой режим может быть обеспечен за счет поступления тепла земли и теплового потока через цокольное перекрытие. Получаемый при этом эффект энергосбережения заключается в уменьшении площади отопления надземных этажей.

Результаты натурных обследований малоэтажных гражданских зданий, проведенных в г. Пензе в январе 2015 г., а также исследования других авторов показали, что в зависимости от конструктивного решения ограждений подвалов величина $t_{в}$ их воздушной среды может достигать значений 9,5–16°C, приемлемых для размещения подсобных помещений и кратковременного пребывания людей.

Согласно [86], в подвальной и цокольном этажах можно размещать помещения, приведенные в приложении В.

5.3.1 Расчетная модель по переносу подсобных помещений в подземный этаж

Нижеследующая расчетная модель [34] основывается на переносе помещений одного этажа двухэтажного здания в подземный этаж с точно такими же размерами (рисунки 5.6, 5.7).

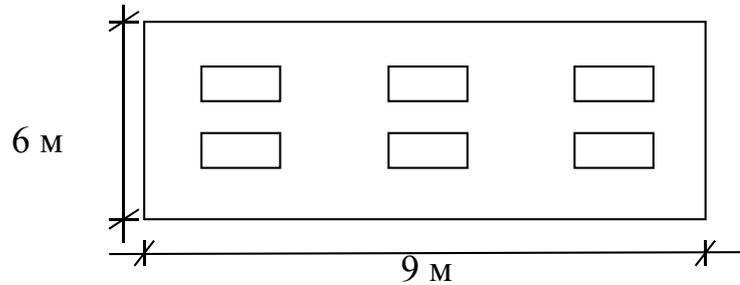


Рисунок 5.6 – Здание с двумя надземными этажами

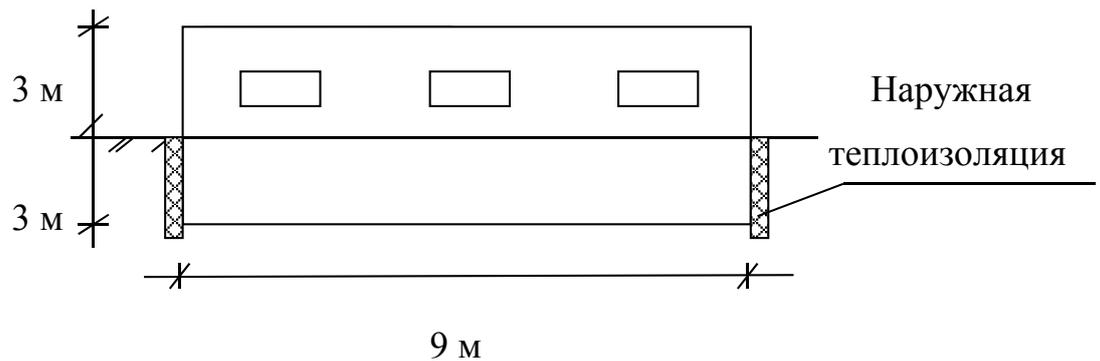


Рисунок 5.7 – Здание с надземным и подземным этажами

Ниже рассмотрены варианты переноса помещений различного назначения на примере малоэтажных общественных зданий в г.Пензе. Планы этих зданий показаны в приложении А. Стоимость отопления зданий определена в ценах 2015 г.

Торгово-офисный центр по ул.Лядова в г.Пензе.

Общая площадь первого этажа центра равна 717,44 м², второго – 689,8 м². Стоимость отопления обоих этажей за месяц составляет 29552 рублей. Для данного здания в число возможных для переноса помещений включены: разгрузочное помещение (36,11 м²), помещение хранения и мойки тары (4,9 м²), кладовая уборочного инвентаря (2,76 м²) и часть помещений второго этажа, а именно:

подсобное помещение (6 м²), зал фитнес-аэробики (71,58 м²), тренажерный зал (266,36 м²), кладовая уборочного инвентаря (3,29 м²).

Здание для размещения кассово-инкассаторского центра, расположенного по адресу: г.Пенза, ул. Калинина – Суматовка

Общая площадь первого этажа центра равна 937,78 м², второго – 927,02 м², третьего – 917,91 м². Стоимость отопления обоих этажей за месяц составляет 58437 рублей. Для данного здания в число возможных для переноса помещений включены: помещение хранения РМНК (17,38 м²), помещение для хранения приспособлений для транспортировки банковских ценностей (15,36 м²), помещение для хранения порожних кассет УС (34,22 м²), кладовая денежной наличности (64,97 м²), кладовая ценностей (51,65 м²), послеоперационная кладовая (21,53 м²), электрощитовая (11,78 м²), помещение ремонта, очистки и хранения СБО (11,94 м²), кладовая уборочного инвентаря (2,1 м²); часть помещений второго этажа, а именно: архив (13,74 м²), склад (14,65 м²), помещение для чистки оружия (14,95 м²), помещение для зарядания/разрядания оружия (17,54 м²), помещение для хранения оружия (14,73 м²), помещение для порожних сумок (спецпакетов) и спецконтейнеров (15,58 м²), кладовая уборочного инвентаря (2,11 м²), помещения для хранения сумок и баулов (8,77 м²); часть помещений третьего этажа, а именно: архив (40,81 м²), серверная подразделения кассового центра (20,1 м²), кладовая уборочного инвентаря (5,74 м²).

Предприятие общественного питания быстрого обслуживания (кафе) в районе проспекта Строителей, ул. Тернопольской в г.Пензе.

Общая площадь первого этажа этого кафе равна 245,04 м², второго – 247,42 м². Стоимость отопления обоих этажей за месяц составляет 10341,7 рублей. Для данного здания в число возможных для переноса помещений включены: склад (11,14 м²), холодильная камера (10,61 м²), морозильная камера (12,5 м²), техническое помещение/ИТП (7,72 м²).

Результаты анализа проектных решений по переносу помещений в подземный этаж показаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Энергосберегающий эффект при переносе подсобных помещений из надземных этажей в подземную часть зданий

Назначение здания	S_1	S_2	C_1	C_2	Энергосберегающий эффект, %
Кассово-инкассаторский центр	2782,7	399,7	58436,9	50044,3	14,4
Предприятие общественного питания	492,5	42,0	10341,7	9460,3	8,5
Торгово-офисный центр	1407,2	53,1	29551,2	28437,0	3,8

Примечание. В таблице 5.2 приняты обозначения: S_1 и S_2 – соответственно первоначальные и перенесенные в подземный этаж площади помещений, м²; C_1 и C_2 – стоимость их отопления, руб., соответственно первоначальная и после переноса помещений.

Из таблицы 5.2 видно, что эффект сбережения тепловой энергии в рассмотренных зданиях при переносе подсобных помещений в подземный этаж доходит до 14 %.

5.3.2 Расчетная модель по снижению теплотерь в наружной стене при переносе помещений надземного этажа в подземный этаж

Эта модель основывается на расчетах Богословского В.Н., использованных им для надземной части здания. В модели рассмотрен перенос помещений одного этажа двухэтажного здания в подземный этаж с точно такими же размерами. При этом приняты следующие допущения:

1. За основной фактор влияния на теплотери наружной стены (наряду с сопротивлением теплопередаче) принята величина сопротивления воздухопроницанию наружного ограждения при инфильтрации холодного воздуха через

стыковые соединения панельной наружной стены и конструкции окон с раздельными деревянными переплетами.

2. Наружная стена подземного этажа защищена теплоизоляционным слоем с внешней стороны, обеспечивающим минимальное влияние верхнего промерзшего слоя земли на тепловой режим подземных помещений.

3. Температура воздуха подземного этажа принята равной $+5^{\circ}\text{C}$.

4. Тепловые потери определены для наружной стены, выходящей для надземного этажа на наветренную сторону.

Для оценки основного фактора влияния на теплопотери последовательно определялось количество воздуха, фильтрующегося через: 1 м стыкового соединения; 1 м^2 окна; 1 м^2 массива панельной стены.

Для расчета приняты следующие исходные данные: коэффициент воздухопроницаемости материала стены $S=0,39\text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$, приведенное сопротивление теплопередаче стен надземного и подземного этажей равно нормативному $R_0 = R_{\text{н}} = 3,18\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, площадь оконных проемов $F_{\text{ок}}=3\text{ м}^2$. Стены дома сделаны из керамзитобетонных панелей, поэтому сопротивление воздухопроницанию панели толщиной $0,28\text{ м}$ составит $R_{\text{и1}}=196\text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)/кг}$. Площадь наружной стены, расположенной с наветренной стороны здания, равна $F_0=24\text{ м}^2$. Сопротивление воздухопроницанию стыковых соединений $R_{\text{и2}}=40\text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)/кг}$. Общая длина стыков $l=24\text{ м}$. Высота этажа $h=3\text{ м}$. Исходные данные проектирования: $t_{\text{н}} = -29^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\rho_{\text{н}}=1,42\text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{\text{в}}=1,2\text{ кг}/\text{м}^3$, $v_{\text{н}}=5,6\text{ м}/\text{с}$, $\beta_{\text{в}}=0,4$, $k_1=0,8$, $k_2=-0,4$,

где $\rho_{\text{в}}$ и $\rho_{\text{н}}$ – плотность внутреннего и наружного воздуха соответственно;

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – температура внутреннего и наружного воздуха соответственно;

$v_{\text{н}}$ – скорость набегающего на здание потока воздуха;

$\beta_{\text{в}}$ – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций;

k_1 , k_2 – аэродинамические коэффициенты соответственно с наветренной и заветренной сторон здания.

При инфильтрации воздуха через наружные ограждения разность давления воздуха снаружи и внутри помещения составит:

$$\Delta p = -0,8[-9,81(\rho_n - \rho_v)H - 0,6((0,6 \cdot V^2 \cdot \rho_n)/2)] = 11,08 \text{ Па},$$

где H – расстояние по вертикали от середины этажа до нейтральной зоны.

$$H = 0,7 \cdot 3 \cdot 2 - 1,5 = 2,7 \text{ м.}$$

Количество воздуха, фильтрующегося через 1 м^2 окна:

$$I_{\text{ок}} = S \cdot \Delta p^{2/3} = 0,39 \cdot 11,08^{2/3} = 1,95 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Количество воздуха, фильтрующегося через 1 м^2 массива наружной стены:

$$I_{\text{м}} = \Delta p / R_{u1} = 11,08 / 196 = 0,057 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Количество воздуха, фильтрующегося через 1 м стыкового соединения:

$$I_{\text{ст}} = \Delta p / R_{u2} = 11,08 / 40 = 0,277 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{ч}).$$

Дополнительные затраты тепла на нагрев инфильтрационного воздуха:

$$Q_{\text{инф}} = (\Sigma A \cdot c_v \cdot j \cdot F + \Sigma A \cdot c_v \cdot j \cdot l) \cdot (t_v - t_n) = 153 \text{ Вт},$$

где A – коэффициенты для разных конструкций (для массива стен – 0,5, для стыков – 0,7, для двойных окон – 1); j – удельные расходы воздуха, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; F – площадь конструкций, м^2 ; l – длина стыков, м ; c_v – удельная теплоемкость воздуха, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $c_v = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Определим трансмиссионные тепловые потери через эту стену:

$$Q_{\text{транс}} = (t_v - t_n) / R_0 = (20 + 29) / 3,18 = 15,41 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Тогда суммарные тепловые потери от инфильтрации и трансмиссионной теплопередачи будут равны:

$$\Sigma Q_{\text{надз}} = Q_{\text{инф}} + Q_{\text{транс}} = 153 \text{ Вт} + 15,4 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot 24 \text{ м}^2 = 522,6 \text{ Вт}.$$

С учетом допущений удельная величина теплотерь через такую же стену подземного этажа:

$$Q_{\text{подз}} = (t_v - t_n) / R_0 = (20 + 5) / 3,18 = 7,86 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Суммарная величина теплотерь $Q_{\text{подз}} = 7,86 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot 24 \text{ м}^2 = 188,64 \text{ Вт}$.

Сравнение полученных результатов расчета показывает, что с учетом принятых допущений потери тепла в надземной наружной стене в 2,7 раза больше, чем в подземной ее конструкции.

5.4 Техничко-экономическая оценка энергосбережения при использовании упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора

Плоский солнечный коллектор используется для увеличения энергетической эффективности зданий как средство снижения энергетических затрат при эксплуатации здания [8, 11, 64, 32].

Широкое использование заводской конструкции плоского солнечного коллектора (ПСК) в энергоактивных зданиях сдерживается из-за его относительной дороговизны. Упрощенный вариант ПСК (рисунок 5.8), разработанного в ПГУАС и совмещенного с наружными ограждениями 2-этажного жилого дома площадью 122 м², рассмотрен в работах [8, 19]. Оценку его технико-экономической эффективности выполнили в соответствии с комплексной методикой по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий [50] и методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов.

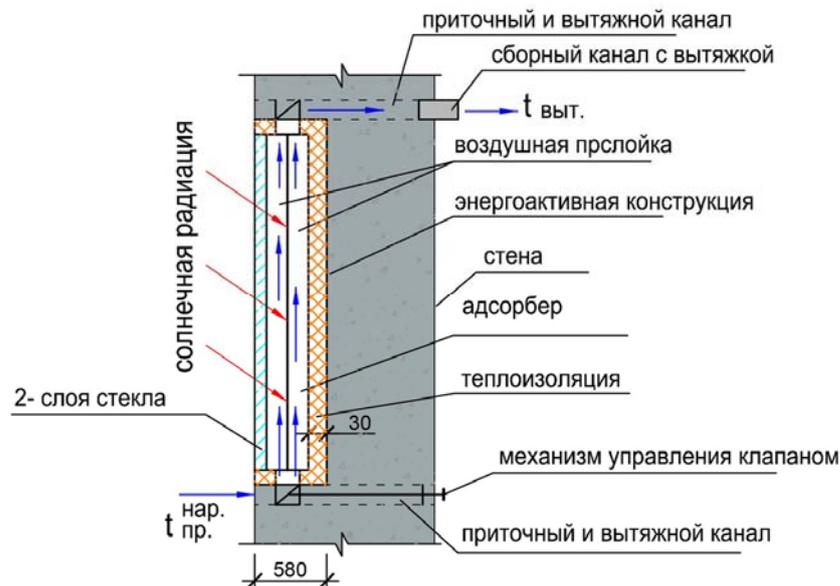


Рисунок 5.8 – Упрощенная конструкция плоского солнечного коллектора, разработанного в ПГУАС

Конструкция данного варианта коллектора изготовлена из общедоступных материалов. Короб теплоизолирован пенополиуретаном толщиной 30 мм и закрыт светопрозрачным покрытием из двух слоев оконного стекла. В верхней и нижней

стенках короба имеются отверстия диаметром 20 мм для входа и выхода воздушного теплоносителя. В качестве адсорбера использован тонкий металлический лист, окрашенный в черный цвет с V-образной поверхностью, и высотой волны 16 мм. Размеры одного модуля коллектора 580×480×72 мм.

Ниже дана оценка сроков окупаемости упрощенной конструкции солнечного коллектора, созданного в ПГУАС [19].

Затраты на создание модуля коллектора (капитальные вложения) составят:

- кровельная жесьть – 62,4 руб. (208 руб. за 1 м²) [118];
- оконное стекло – 60 руб. (200 руб. за 1 м²) [119];
- пенополиуретан – 218 руб. (725 руб. за 1 м²);
- атмосферостойкий клей – 204,30 руб. [120]

Суммарные затраты 545 рубля.

Рабочая площадь коллектора, обращенного к солнцу: 0,58 м·0,48 м=0,28 м².

Количество тепла, кВт/ч, которое генерирует 1 модуль коллектора зависит от его КПД, который в первом приближении может быть рассчитан по формуле

$$\eta = \eta_0 - \frac{k \cdot \Delta T}{E},$$

где η – расчётное значение КПД; η_0 – номинальный (оптический) КПД установки при нормальных условиях; k_1 – коэффициент, зависящий от типа и теплоизоляции коллектора; ΔT – разность температур теплоносителя и окружающего воздуха (гр. С); E – инсоляция (Вт/кв.м).

Данные для некоторых типов коллекторов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Характеристики различных видов коллекторов

Тип коллектора	Номинальный КПД η_0	Коэффициент k
Плоский солнечный коллектор	72-75	3-5
Вакуумный солнечный коллектор с тепловыми трубками	60-65	0,7-1,1
Пластиковый солнечный коллектор	50-60	до 80

$$\eta = 73 - \frac{4 \cdot (65 + 29)}{2,6} = 72\%.$$

Количество тепла, генерируемое коллектором:

$$0,28\text{м}^2 \cdot 0,72 = 0,2 \text{ кВт/час}.$$

Коэффициент солнечной инсоляции (по данным НАСА) на 1 м² для Пензенской области равен 2,6 кВт, исходя из нижеследующего расчета:

Средний месячный уровень радиации (коэффициент солнечной инсоляции)

Координаты Пензы (по данным сайта astrolab.ru):

– широта: 54,45°

– долгота: 55,3166667°

По данным сайта НАСА [121] средний месячный уровень радиации за 2013 год, кВт/м²/день, по месяцам составляет: январь – 0,76; февраль – 1,6; март – 3,09; апрель – 4,45; май – 5,44; июнь – 5,76; июль – 5,7; август – 4,44; сентябрь – 3,03; октябрь – 1,56; ноябрь – 0,94; декабрь – 0,65.

Суммарный коэффициент солнечной инсоляции за год равен 37,42 кВт/м², а за месяц $37,42 \text{ кВт/м}^2 / 12 = 3,12 \text{ кВт/м}^2$.

Количество генерируемого за год тепла будет равно:

$$0,2 \cdot 3,12 \cdot 365 = 189,8 \text{ (кВт/ч)}.$$

С учетом цены на электрическую энергию для физических лиц за 2013 год (2,6 рубля за 1 кВт/ч), стоимость произведенного тепла в год будет равна: $189,8 \cdot 2,6 = 493,48$ (рублей в год).

Срок окупаемости данной конструкции солнечного коллектора составит: $545 / 493,48 = 1,1$ года.

Величина прибыли: $(493,48 \cdot 100\%) / 545 = 89\%$ в год.

Т.е. 545 рублей принесут в год 89% прибыли или 493,48 рублей.

Настоящий расчет выполнен в соответствии с [50].

Согласно [50], «эффективность проекта характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов применительно к интересам его участников». При выполнении мероприятий по экономии тепла главный интерес инвестора заключается в том, чтобы путем дополнительных

инвестиций уменьшить расход (а следовательно, и стоимость) потребляемой им тепловой энергии и за счет полученной в результате этого экономии не только возместить в приемлемые сроки понесенные затраты, но и получить дополнительный доход.

Исходя из этого для решения данной задачи рассмотрен чистый дисконтированный доход (ЧДД) за прогнозируемый срок полезного использования (T).

Как известно, ЧДД, являясь основным критерием оценки эффективности проекта, определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период (10 лет), приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами. Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект.

ЧДД определялся по формуле

$$\text{ЧДД} = \mathcal{E}_1 \sum at - K - \mathcal{E}_2 \sum at, \text{ руб.},$$

где \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 – стоимость тепловой энергии, соответственно, до и после выполнения энергосберегающего мероприятия, руб./год; K – инвестиции в проведение энергосберегающего мероприятия, руб.; at – коэффициент приведения разновременных затрат t -го года к году проведения энергосберегающего мероприятия, который находится по формуле

$$at = 1/(1 + E)^t,$$

где E – норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Ниже приводятся расчеты экономической эффективности по каждому из ранее описанных мероприятий. Эти расчеты выполнены исходя из следующих условий:

- норма дисконта $E = 0,2$;
- стоимость 1 кВт – 2,6 руб.;
- среднее потребление электроэнергии за месяц для дома-коттеджа составляет 270 кВт

$$\mathcal{E}_1 = 2,6 \cdot 270 \cdot 12 = 8424 \text{ (руб./год) (за 25 лет 210 600 руб.)}$$

$$\mathcal{E}_2 = 8424 - 0,07 \cdot 8424 = 7834 \text{ (руб./год) (за 25 лет 195 850 руб.)}$$

$$at = 1 / (1 + E)^t$$

$$at_1 = 1 / (1+0,2)^1 = 0,833$$

$$at_2 = 1 / (1+0,2)^2 = 0,694$$

$$at_3 = 1 / (1+0,2)^3 = 0,579$$

$$at_4 = 1 / (1+0,2)^4 = 0,482$$

$$at_5 = 1 / (1+0,2)^5 = 0,402$$

$$at_6 = 1 / (1+0,2)^6 = 0,335$$

$$at_7 = 1 / (1+0,2)^7 = 0,279$$

$$at_8 = 1 / (1+0,2)^8 = 0,236$$

$$at_9 = 1 / (1+0,2)^9 = 0,197$$

$$at_{10} = 1 / (1+0,2)^{10} = 0,164$$

$$at_{11} = 1 / (1+0,2)^{11} = 0,135$$

$$at_{12} = 1 / (1+0,2)^{12} = 0,112$$

$$at_{13} = 1 / (1+0,2)^{13} = 0,0935$$

$$at_{14} = 1 / (1+0,2)^{14} = 0,0779$$

$$at_{15} = 1 / (1+0,2)^{15} = 0,0649$$

$$at_{16} = 1 / (1+0,2)^{16} = 0,0541$$

$$at_{17} = 1 / (1+0,2)^{17} = 0,0451$$

$$at_{18} = 1 / (1+0,2)^{18} = 0,0376$$

$$at_{19} = 1 / (1+0,2)^{19} = 0,0313$$

$$at_{20} = 1 / (1+0,2)^{20} = 0,0261$$

$$at_{21} = 1 / (1+0,2)^{21} = 0,0217$$

$$at_{22} = 1 / (1+0,2)^{22} = 0,0181$$

$$at_{23} = 1 / (1+0,2)^{23} = 0,0151$$

$$at_{24} = 1 / (1+0,2)^{24} = 0,0126$$

$$at_{25} = 1 / (1+0,2)^{25} = 0,0105$$

$$\Sigma at = 4,958$$

Для конструкции солнечного коллектора ПГУАС ($K = 552$ руб.):

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= \text{Э}_1 \Sigma at - K - \text{Э}_2 \Sigma at = 210\,600 \cdot 4,958 - 545 - 195\,850 \cdot 4,958 = \\ &= 044\,155 - 545 - 971\,024 = 72\,586 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

Предположим, что для одного малоэтажного жилого здания площадь, занятая модулями солнечного коллектора на стороне дома, обращенной на юг, составляет 35,4 м². Результаты расчета, выполненного по вышеприведенной методике, показали следующее: срок окупаемости установленных модулей коллектора равен шести месяцам, что практически совпадает с продолжительностью отопительного периода для II климатического района, а чистый дисконтированный доход – 32 818 рублей, что доказывает эффективность рассмотренного технического устройства.

Для сравнения рассмотрели технико-экономическую эффективность плоских коллекторов заводского изготовления (Сокол, VFK 145V, Wolf TopSon, Vitosol). По аналогичной методике были рассчитаны сроки окупаемости этих коллекторов (рисунок 5.8).

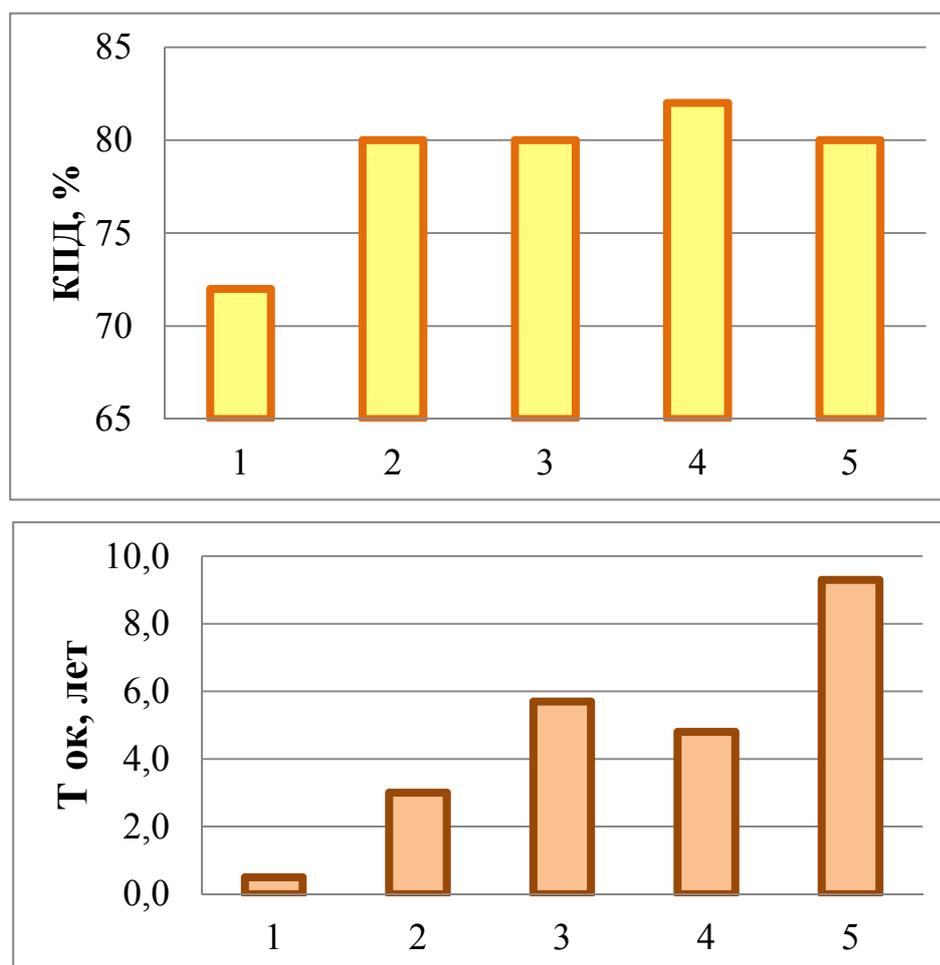


Рисунок 5.8 – КПД и окупаемость различных типов солнечных коллекторов:

1 – ПГУАС; 2 – Сокол; 3 – VFK 145V; 4 – Wolf TopSon; 5 – Vitosol

Из гистограмм видно, что рассмотренный коллектор упрощенной конструкции при относительно невысоком КПД имеет наименьший срок окупаемости, что говорит о рентабельности его использования.

5.5 Оценка эффективности использования энергосберегающих решений и альтернативных источников энергии

В расчете по определению тепловой потребности малоэтажного жилого здания, тепловых потерь и теплопоступлений в него предложен критерий, оценивающий эффективность использования рассмотренных альтернативных источников энергии и энергосберегающих решений:

$$K_{\text{эф}}^{\text{аэн}} = q_{\text{от}}^{\text{р}} / q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}}, \quad (5.2)$$

где $q_{\text{от}}^{\text{р}}$ – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по нормам тепловой защиты зданий,

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \cdot \nu \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta \cdot h.$$

$q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}}$ – та же величина, но с учетом использования альтернативных источников энергии и энергосберегающих решений:

$$q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) + k_{\text{ск}} + k_{\text{шт}} + k_{\text{пп}} + k_{\text{уп}} + k_{\text{бл}}] \cdot \nu \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta \cdot h,$$

где $k_{\text{ск}}$, $k_{\text{шт}}$, $k_{\text{пп}}$, $k_{\text{уп}}$, $k_{\text{бл}}$ – удельные характеристики теплопоступлений от использования солнечного коллектора, теплозащитных штор, а также сэкономленного тепла от переноса ряда подсобных помещений в подземную часть здания, утилизации тепла ее воздушного пространства и применения принципа блокирования зданий.

Расчеты показывают, что для отдельно стоящего малоэтажного жилого здания величина $K_{\text{эф}}^{\text{аэн}}$ при использовании рассмотренных энергосберегающих решений может находиться в пределах 1,05–1,4.

5.6 Программный продукт Energy Saving Solver (ESS)

На основании полученных результатов исследований был разработан программный продукт Energy Saving Solver, который позволяет определить класс энергосбережения жилых и общественных зданий, а также выполнить расчеты с целью снижения энергопотребления. Расчеты, выполненные по программному продукту, соответствуют нормативным документам [70, 85]. Методика расчета заключается в том, что после того как определится первоначальный класс энергосбережения, предлагается выбрать разработанные энергосберегающее мероприятие или варьировать параметрами, позволяющими повысить этот класс.

Ввод данных осуществляется вручную. В ходе расчетов программа ESS производит вычисления, основываясь на исходных данных. Результаты расчета выводятся в виде отдельной вкладки и могут быть преобразованы в текстовый документ посредством MS Word.

Внешний вид окна программы представлен на рисунке 5.9. Первые пять вкладок соответствуют основополагающим величинам, которые рассчитываются в СНиП [85] для определения класса энергосбережения (рисунки 5.10-5.16). Шестая и седьмая вкладки служат для ввода данных о внедрении энергосберегающих мероприятий и вычисления класса энергетической эффективности (рисунки 5.17-5.23). Ниже представлен внешний вид данных вкладок с примером расчета.

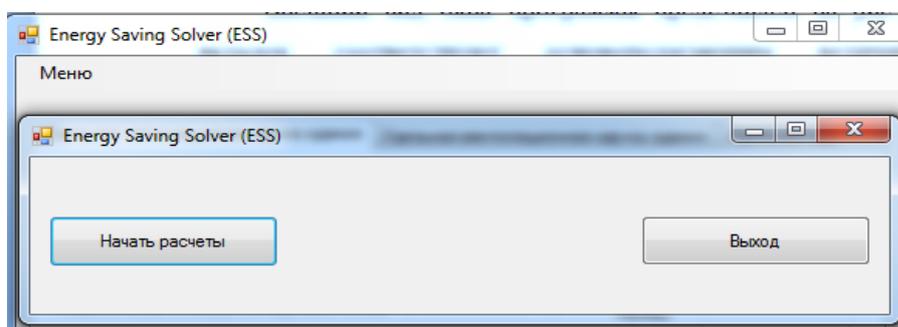


Рисунок 5.9 – Внешний вид программы

Удельная теплозащитная характеристика здания		
Площ. окон по внутр.обмеру, S(окон)	12,6	
Площ. стен по внутр.обмеру, S(стен)	152,4	Ан(сум) 302,8
Площ. полов по внутр.обмеру, S(пола)	75,2	К(комп) 1,34
Площ. потолка по внутр.обмеру, S(потолка)	75,2	К(общ) 1,11
Отапливаемый объем, V(от)	225,6	К(об) 1,48
Средн. темп. внутр. воздуха, t(в*)	20	
Средн. темп. наруж. воздуха, t(от*)	-4,5	<input checked="" type="checkbox"/> Наличие оранжереи
Рассч. темп. внутр. воздуха здания, t(в)	20	
Сред. темп. наруж. возд. за отоп. период, t(от)	-4,5	
Площ. стен теплозаш. обол., Af(ст)	152,4	
Площ. перекр. теплозаш. обол., Af(пер)	37,6	
Площ. окон теплозаш. обол., Af(ок)	12,6	
Площ. покр. теплозаш. обол., Af(покр)	37,6	
Привед. сопр. стен, Rпр(стен)	0,78	
Привед. сопр. окон, Rпр(окон)	0,55	
Привед. сопр. перекр., Rпр(пер)	1,469	
Привед. сопр. покрытий, Rпр(покр)	1,469	
Площ. оранжереи, Af(ок, оранж)	36	
Привед. сопр. оранжереи, Rпр(оранж)	0,55	

Рисунок 5.10 – Вкладка «Удельная теплозащитная характеристика здания».

Ввод данных. Расчет данных

На рисунке 5.10 видно, что при вводе значений площадей и приведенных сопротивлений, температур и отопляемого объема здания программа рассчитывает: сумму площадей всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания ($A_{н.сумм}$), коэффициент компактности здания ($K_{комп}$), общий коэффициент теплопередачи здания ($K_{общ}$), удельную теплозащитную характеристику здания ($K_{об}$).

На вкладке расчета удельной вентиляционной характеристики здания (рисунок 5.11) показываются значения площадей окон и дверных проемов ($A_{ок}$), отопляемый объем здания ($V_{от}$), высота здания (H) и площадь жилых помещений ($A_{ж}$), а также указывается наличие или отсутствие механической вентиляции и подпора воздуха и уточняется расчетная заселенность квартир (менее или более 20 м^2 общей площади на человека). Эти данные программа будет учитывать при дальнейших расчетах.

На следующей вкладке «Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания» (рисунок 5.12) программа автоматически рассчитывает величину $K_{\text{быт}}$.

На следующих вкладках «Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации» (рисунки 5.13-5.15) вводятся данные коэффициентов проникновения солнечной радиации ($t_{1,\text{ок}}$, $t_{1,\text{фон}}$) и затемнения ($t_{2,\text{ок}}$, $t_{2,\text{фон}}$), площадь светопроемов ($A_{\text{ок1}}$, $A_{\text{ок2}}$, $A_{\text{ок3}}$, $A_{\text{ок4}}$, $A_{\text{фон}}$), величины солнечной радиации на вертикальных поверхностях, ориентированных по четырем сторонам света (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4), средняя величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность ($Y_{\text{гор}}$), продолжительность отопительного периода ($Z_{\text{от}}$), тип здания и тип системы отопления. После ввода всех этих данных программа рассчитает удельную характеристику теплопоступлений от солнечной радиации ($k_{\text{рад}}$), удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (q) и общие теплопотери здания за отопительный период ($Q_{\text{общ}}$).

The screenshot shows the 'Energy Saving Solver (ESS)' window with the 'Удельная вентиляционная характеристика здания' tab selected. The form contains the following data:

Parameter	Value
Площадь жилых помещений, $A(\text{ж})$	51
Суммарн. площ. окон и балк. дверей, $A(\text{ок})$	14,25
Суммарн. площ. входных наруж. дверей, $A(\text{дв})$	2,1
Отапливаемый объем, $V(\text{от})$	225,6
Число часов работы мех. вент. в теч. недели, $l(\text{вент})$	84
Высота здания, $H(\text{м})$	7

Below the input fields, there are three checked options:

- $L(\text{вент}) < 20\text{м}$
- Механическая вентиляция
- Подпор воздуха во время действия приточной мех. вент.

At the bottom, there is a button labeled 'Рассчитать $K(\text{вент})$ ' and a text box displaying the calculated value '0,22'.

Рисунок 5.11 – Вкладка «Удельная вентиляционная характеристика здания».

Ввод данных. Расчет данных

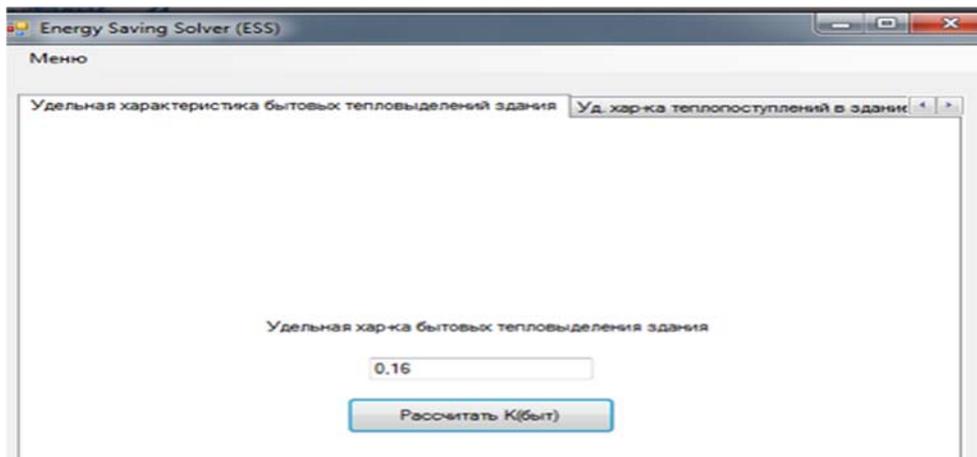


Рисунок 5.12 – Вкладка «Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания». Расчет данных

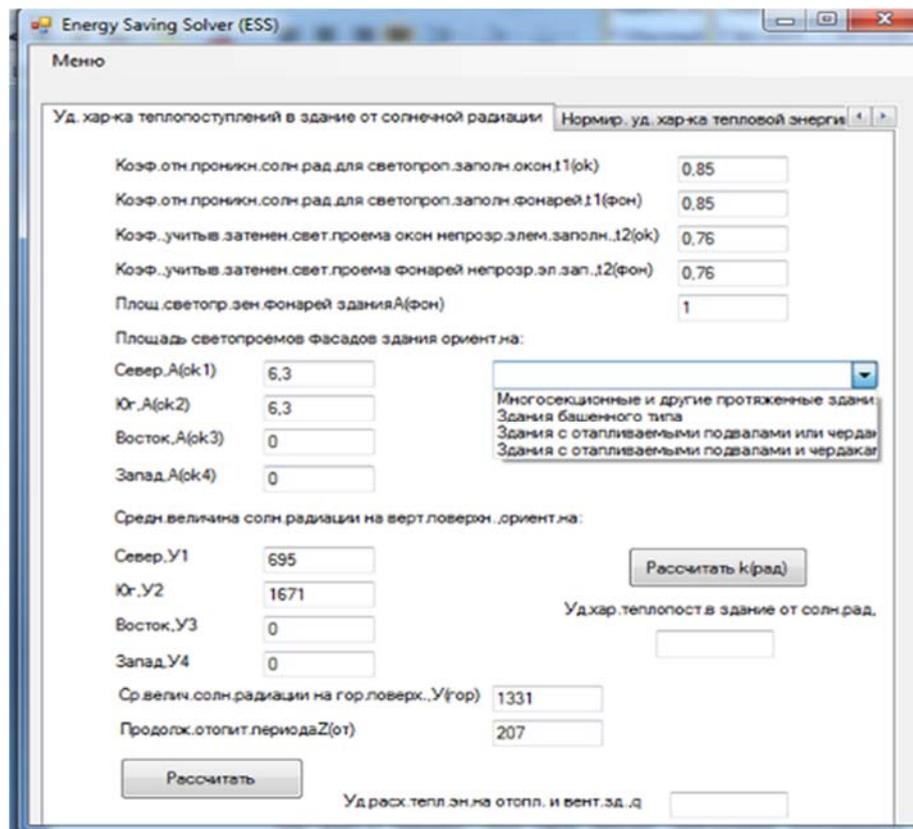


Рисунок 5.13 – Вкладка «Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации». Ввод данных. Выбор типа здания

Energy Saving Solver (ESS)

Меню

Уд. хар-ка теплопоступлений в здание от солнечной радиации | Нормир. уд. хар-ка тепловой энергии

Коеф. отн. проники. солн. рад. для светопроп. заполн. окон.11(ок) 0,85

Коеф. отн. проники. солн. рад. для светопроп. заполн. фонарей.11(фон) 0,85

Коеф. ,учитыв. затенен. свет. проема окон непрозрач. элем. заполн. .12(ок) 0,76

Коеф. ,учитыв. затенен. свет. проема фонарей непрозрач. эл. зап. .12(фон) 0,76

Площ. светопр. зон. фонарей зданияА(фон) 1

Площадь светопроемов фасадов здания ориент. на:

Север. А(ок1) 6,3

Юг. А(ок2) 6,3

Восток. А(ок3) 0

Запад. А(ок4) 0

Средн. величина солн. радиации на верт. поверхн. ориент. на:

Север. У1 695

Юг. У2 1671

Восток. У3 0

Запад. У4 0

Ср. велич. солн. радиации на гор. поверхн. У(гор) 1331

Продолж. отопит. периода Z(от) 207

Рассчитать k(рад)

Уд. хар. теплопост. в здание от солн. рад.

Рассчитать

Уд. расх. тепл. эн. на отопл. и вент. зд. q

Рисунок 5.14 – Вкладка «Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации». Ввод данных. Выбор типа системы отопления

Energy Saving Solver (ESS)

Меню

Уд. хар-ка теплопоступлений в здание от солнечной радиации | Нормир. уд. хар-ка тепловой энергии

Коеф. отн. проники. солн. рад. для светопроп. заполн. окон.11(ок) 0,85

Коеф. отн. проники. солн. рад. для светопроп. заполн. фонарей.11(фон) 0,85

Коеф. ,учитыв. затенен. свет. проема окон непрозрач. элем. заполн. .12(ок) 0,76

Коеф. ,учитыв. затенен. свет. проема фонарей непрозрач. эл. зап. .12(фон) 0,76

Площ. светопр. зон. фонарей зданияА(фон) 1

Площадь светопроемов фасадов здания ориент. на:

Север. А(ок1) 6,3

Юг. А(ок2) 6,3

Восток. А(ок3) 0

Запад. А(ок4) 0

Средн. величина солн. радиации на верт. поверхн. ориент. на:

Север. У1 695

Юг. У2 1671

Восток. У3 0

Запад. У4 0

Ср. велич. солн. радиации на гор. поверхн. У(гор) 1331

Продолж. отопит. периода Z(от) 207

Рассчитать k(рад)

Уд. хар. теплопост. в здание от солн. рад.

0,11

Рассчитать

Уд. расх. тепл. эн. на отопл. и вент. зд. q 183,64

Расчетн. уд. хар-ка тепл. энергии на отопл. и вент. зданий q(от) 1,51

Расх. тепл. энергии на отопл. и вент. зданий за отопит. период Q(от) 41428,61

Общие теплопотери здания за отопит. период Q(общ) 46680,52

Рисунок 5.15 – Вкладка «Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации». Ввод данных. Расчет данных

Во вкладке «Нормируемая удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания» (рисунок 5.16) после указания этажности здания программа показывает класс энергосбережения рассматриваемого здания.

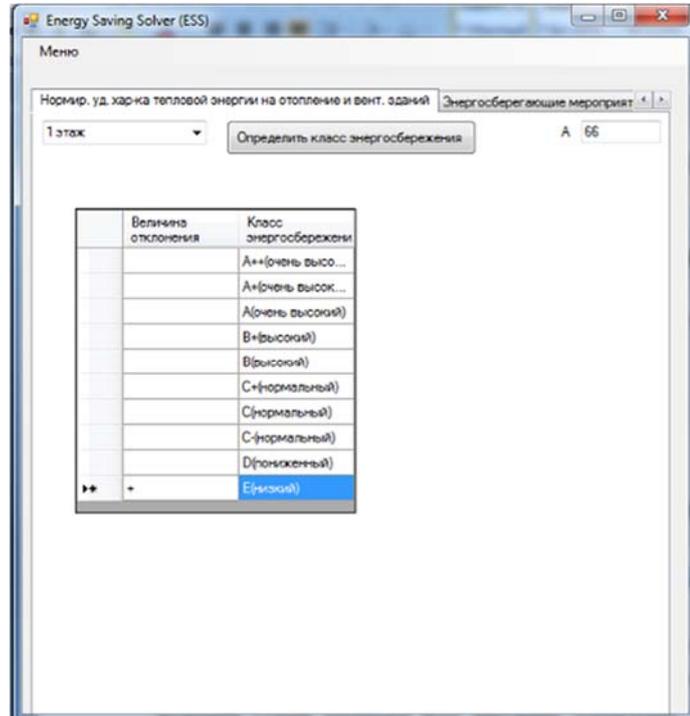


Рисунок 5.16 – Вкладка «Нормируемая удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий». Ввод данных. Расчет данных

На рисунках 5.17-5.21 показаны вкладки «Энергосберегающие мероприятия», которые и являются определяющими в данной программе, так как именно на ней указаны те поправки, которые предполагается провести, чтобы повысить класс энергетической эффективности. Следует отметить, что программа позволяет выбрать ограниченное число поправок из списка возможных (рисунок 5.17), в противном случае расчет прекратится. Это связано с тем, что эффект, получаемый от одного энергосберегающего мероприятия не может быть суммирован с эффектом, получаемым от другого мероприятия. Например, при установке теплозащитных штор в здании (рисунок 5.18) необходимо ввести их коэффициент теплопроводности и толщину. При этом программа рассчитает коэффициент

теплопередачи здания ($K_{\text{общ}}$), удельный расход на отопление и вентиляцию здания ($q_{\text{от}}$).

При устройстве плоского солнечного коллектора (рисунок 5.19) указывается его площадь для расчета удельного расхода на отопление и вентиляцию здания ($q_{\text{от}}$). При переносе площади надземного этажа в подземное пространство (рисунок 5.20) вводятся значения площадей надземных ($S_{\text{надз}}$) и подземного этажей ($S_{\text{подз}}$) и величина стоимости отопления (C), после чего программа рассчитает экономию затрат на отопление (X). При блокировании зданий (рисунок 5.21) вводится сумма площадей наружных ограждающих конструкций ($S_{\text{нп.отд}}$) и сумма площадей вновь образованных внутренних граней параллелепипеда ($S_{\text{нп}}$). После этого программа рассчитает коэффициент эффективности блокирования (i).

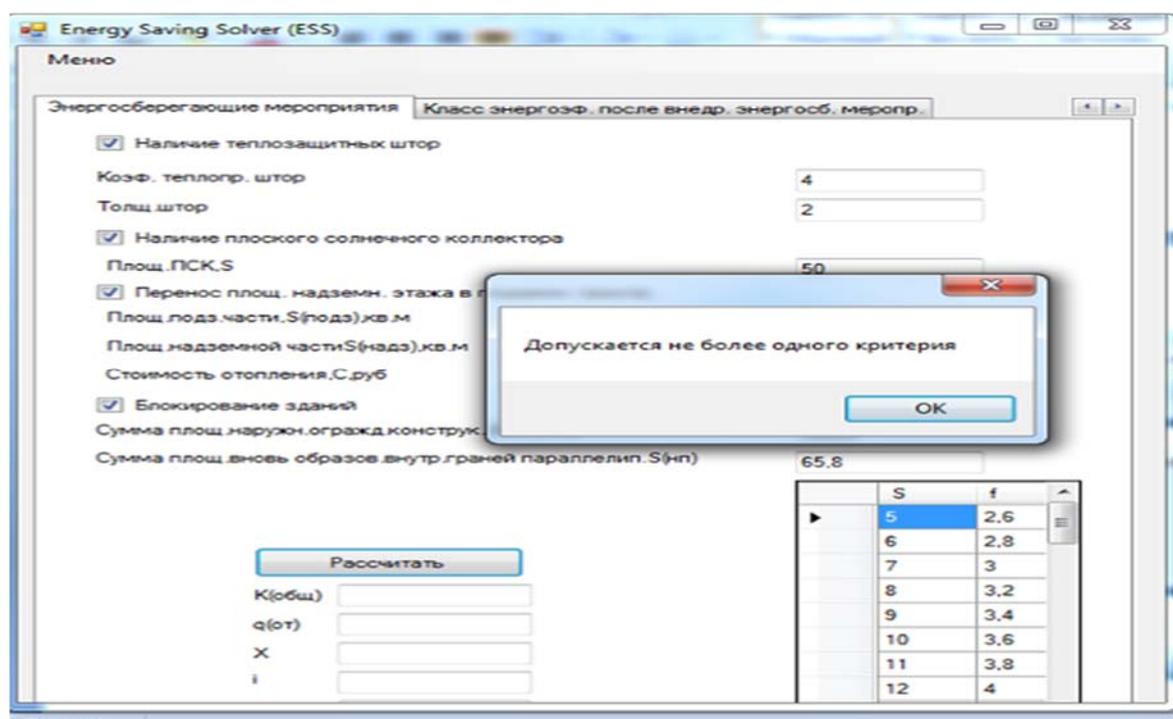


Рисунок 5.17 – Вкладка «Энергосберегающие мероприятия».

Ошибка ввода данных

Energy Saving Solver (ESS) Меню

Энергосберегающие мероприятия Класс энергоэф. после внедр. энергосб. меропр.

Наличие теплозащитных штор

Коэф. теплопр. штор 4

Толщ штор 2

Наличие плоского солнечного коллектора

Площ. ПСК, S

Перенос площ. надземн. этажа в подземн. простр.

Площ. подз. части, S(подз), кв.м

Площ. надземной части S(назд), кв.м

Стоимость отопления, C, руб

Блокирование зданий

Сумма площ. наружн. огражд. конструк. S(нр), отд

Сумма площ. вновь образов. внутр. граней параллелип. S(нр)

Рассчитать

K(общ.) 0,85

q(от) 1,2

X

i

A

	S	f
5	2,6	
6	2,8	
7	3	
8	3,2	
9	3,4	
10	3,6	
11	3,8	
12	4	
13	4,2	
14	4,4	

Рисунок 5.18 – Вкладка «Энергосберегающие мероприятия». Ввод данных (наличие теплозащитных штор). Расчет данных

Energy Saving Solver (ESS) Меню

Энергосберегающие мероприятия Класс энергоэф. после внедр. энергосб. меропр.

Наличие теплозащитных штор

Коэф. теплопр. штор

Толщ штор

Наличие плоского солнечного коллектора

Площ. ПСК, S 50

Перенос площ. надземн. этажа в подземн. простр.

Площ. подз. части, S(подз), кв.м

Площ. надземной части S(назд), кв.м

Стоимость отопления, C, руб

Блокирование зданий

Сумма площ. наружн. огражд. конструк. S(нр), отд

Сумма площ. вновь образов. внутр. граней параллелип. S(нр)

Рассчитать

K(общ.)

q(от) 1,23

X

i

A

	S	f
45	10,4	
46	10,6	
47	10,8	
48	11	
49	11,5	
50	12,5	
51	12,8	
52	13	
53	13,2	
54	13,4	
55	13,6	

Рисунок 5.19 – Вкладка «Энергосберегающие мероприятия». Ввод данных (наличие плоского солнечного коллектора). Расчет данных

Energy Saving Solver (ESS)

Меню

Энергосберегающие мероприятия: Класс энергоэф. после внедр. энергосб. меропр.

Наличие теплозащитных штор

Коэф. теплопр. штор:

Толщ штор:

Наличие плоского солнечного коллектора

Площ. ПСК, S:

Перенос площ. надземн. этажа в подземн. простр.

Площ. подз. части, $S(\text{подз.})$ кв. м:

Площ. надземной части, $S(\text{надз.})$ кв. м:

Стоимость отопления, С, руб:

Блокирование зданий

Сумма площ. наружн. огражд. конструк. $S(\text{нр.})$, ота:

Сумма площ. вновь образов. внутр. граней параллелип. $S(\text{нр.})$:

Рассчитать

К(общ):

q(от):

X:

i:

A:

S	f
5	2,6
6	2,8
7	3
8	3,2
9	3,4
10	3,6
11	3,8
12	4
13	4,2
14	4,4
15	4,6

Рисунок 5.20 – Вкладка «Энергосберегающие мероприятия».

Ввод данных (перенос площади надземного этажа в подземное пространство).

Расчет данных

Energy Saving Solver (ESS)

Меню

Энергосберегающие мероприятия: Класс энергоэф. после внедр. энергосб. меропр.

Наличие теплозащитных штор

Коэф. теплопр. штор:

Толщ штор:

Наличие плоского солнечного коллектора

Площ. ПСК, S:

Перенос площ. надземн. этажа в подземн. простр.

Площ. подз. части, $S(\text{подз.})$ кв. м:

Площ. надземной части, $S(\text{надз.})$ кв. м:

Стоимость отопления, С, руб:

Блокирование зданий

Сумма площ. наружн. огражд. конструк. $S(\text{нр.})$, ота:

Сумма площ. вновь образов. внутр. граней параллелип. $S(\text{нр.})$:

Рассчитать

К(общ):

q(от):

X:

i:

A:

S	f
32	7,8
6	2,8
7	3
8	3,2
9	3,4
10	3,6
11	3,8
12	4
13	4,2
14	4,4
15	4,6

Рисунок 5.21 – Вкладка «Энергосберегающие мероприятия».

Ввод данных (блокирование зданий). Расчет данных

На последней вкладке «Класс энергоэффективности после внедрения энергосберегающих мероприятий» (рисунок 5.22) программа указывает первоначальный класс энергоэффективности и класс энергоэффективности, полученный после внедрения какого-либо из энергосберегающих мероприятий.

Если в качестве энергосберегающего мероприятия использовался принцип блокирования, то по этой вкладке программа рассчитывает коэффициент эффективности блокирования (рисунок 5.22). Если же применяется способ переноса площади надземного этажа в подземное пространство, то программа рассчитывает процент экономии затрат на отопление (рисунок 5.23).

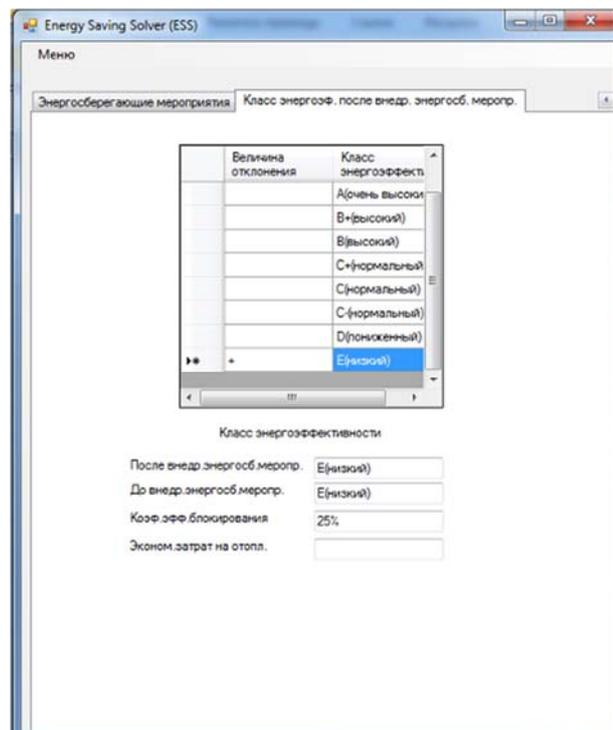


Рисунок 5.22 – Вкладка «Класс энергоэффективности после внедрения энергосберегающих мероприятий».

Расчет данных (коэффициент эффективности блокирования)

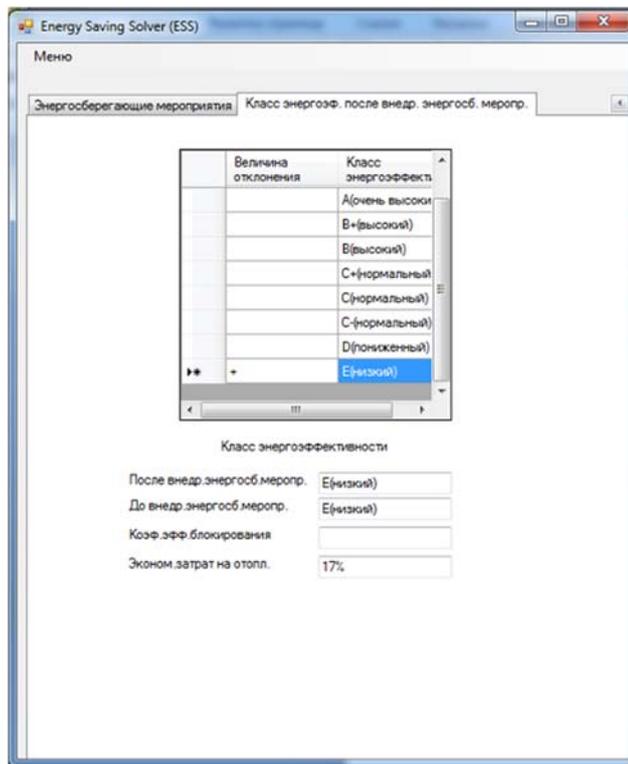


Рисунок 5.23 – Вкладка «Класс энергоэффективности после внедрения энергосберегающих мероприятий».

Расчет данных (экономия затрат на отопление)

5.7 Выводы по результатам исследования

В результате оценки целесообразности внедрения ряда энергосберегающих мероприятий установлено:

Блокирование отдельно стоящих малоэтажных жилых зданий позволяет существенно снизить расход тепловой энергии на отопление и затраты на устройство наружных стен и фундаментов. При блокировании по линейной схеме 10 отдельно стоящих двухэтажных домов с размерами 4,5×8 м в плане затраты на отопление могут быть снижены на 33%, а на устройство стен и фундаментов, соответственно, на 37,8 и 28%.

При устройстве предложенного варианта теплозащитных штор на окнах тепловые потери рассмотренного жилого блока снизились на 5%, а срок их окупаемости составил 8 лет.

При переносе ряда помещений общественного назначения из надземного этажа в подземное пространство эффект сбережения тепловой энергии может достигать до 14% из-за уменьшения площади отопления надземного этажа. Для жилого двухэтажного здания при переносе одного этажа в подвальное помещение потери тепла в подземной наружной стене могут уменьшаться в 2,7 раза по сравнению с надземной ее конструкцией.

В результате использования упрощенного варианта плоского солнечного коллектора чистый дисконтированный доход составляет 32 818 рублей, а срок окупаемости составляет полгода.

Программный продукт «Energy Saving Solver» внедрен в учебный процесс при подготовке курсов лекций и практических занятий, в курсовое проектирование по направлению «Строительство» для инженеров и бакалавров (приложение Ж).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. По результатам разработанной классификации жилых малоэтажных зданий существующего опорного фонда г. Пензы и натурных исследований малоэтажных гражданских зданий выявлены причины снижения тепловой защиты их ограждающих конструкций. Визуальное обследование, инструментальные замеры и последующие расчеты позволили установить, что обследованные здания имеют низкий класс энергетической эффективности.

2. Выполнено расчетное моделирование формирования тепловых потоков, уходящих через наружные ограждения верхнего этажа и поступающих в виде тепла земли в помещения первого этажа.

3. Уточнены закономерности процессов тепломассопереноса через пористую структуру наружного ограждения, позволяющие оценить тепловые потери при эксфильтрации теплого воздуха. Определены расчетные зависимости количества эксфильтрующегося воздуха через конструкции наружных ограждений верхнего этажа от этажности и от сопротивления воздухопроницанию, а также зависимость теплового потока через наружную стену от вида материала стены, разности температур окружающих среды от скорости движения воздуха.

4. Разработаны методика и способ оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через наружные ограждающие конструкции с целью экономии тепловых потерь здания. В соответствии с предложенной методикой дана оценка энергоэффективности различным конструктивным решениям чердачного перекрытия.

Применение данного способа при термомодернизации наружных ограждающих конструкций с пористой структурой материала и повышенной воздухопроницаемостью может обеспечить значительную экономию тепловой энергии. Для обследованных двухэтажных двухсекционных жилых домов старой застройки она составляет 16%, а для квартала из 15 аналогичных домов общей площадью 1 000 м² каждый – 225 280 руб. за отопительный период в ценах 2016 г.

5. Проведено экспериментальное исследование по утилизации тепла подвальных помещений с помощью воздуховода в натуральных условиях. Установлено, что хорошее схождение экспериментальных и теоретических значений средних температур воздуха в процессе циркуляции наблюдается при относительно небольших скоростях движения воздуха (до 1 м/с).

6. Разработаны методика и способ по расчету эффективности утилизации тепла подвальных помещений с помощью воздуховода. Применение такого способа утилизации тепла позволяет за счет поступления подогретого воздуха из подвального помещения снизить затраты на отопление жилого помещения в пределах 11-48%.

Экономический эффект от использования такого способа энергосбережения для указанного выше квартала составляет 237 600 руб. за один отопительный период в ценах 2016 г.

7. На примерах малоэтажных жилых и общественных зданий выполнены расчеты технико-экономической эффективности, обосновывающие целесообразность внедрения традиционных и разработанных энергосберегающих решений в виде переноса подсобных помещений в подземное пространство здания, блокирования отдельно стоящих домов, использования на окнах теплозащитных штор, а на вертикальных наружных ограждениях – упрощенной конструкции плоского солнечного коллектора. Достижимый при этом эффект сбережения тепловой энергии находится в пределах 5–33%.

8. Предложен критерий, оценивающий эффективность использования в малоэтажном здании рассеянной энергии природной среды (тепло солнечной радиации и окружающего земляного массива) и энергосберегающих решений при выполнении расчетов по определению тепловых потерь, теплоступлений и тепловой потребности здания.

Рекомендации. Разработанные мероприятия по повышению тепловой эффективности зданий могут быть использованы при разработке проектной документации, строительстве новых зданий, реконструкции и эксплуатации зданий существующего жилого фонда.

Разработанные методики энергосбережения и программный продукт ESS для ЭВМ внедрены в учебный процесс при подготовке курсов лекций и практических занятий, в курсовое проектирование по направлению «Строительство» для инженеров и бакалавров.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Положения и выводы, изложенные в диссертации, могут представлять методологическую основу для продолжения исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко, С.В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсосбережение в России / С.В. Алексеенко // Энергосбережение. – 2008. – №1. – С.68-73.
2. Андерсон Б. Солнечная энергия: (Основы строительного проектирования) / под ред. Ю.Н. Малевского; пер. с англ. А.Р. Анисимова. – М.: Стройиздат, 1982. – 375 с., ил. – Перевод изд.: Solar energy: fundamentals in building design / Bruce N Anderson.
3. Анисимов, М.В. Экспериментальное исследование тепловых потерь через покрытия и наружные стены подвальных помещений / М.В. Анисимов, С.А. Карауш // Энергосбережение и энергетическая безопасность регионов России: материалы докл. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2003. – С. 116-118.
4. Баженова, Е.С. Современный взгляд на малоэтажную застройку в России / Е.С. Баженова // Жилищное строительство. – 2012. – №3. – С. 16-19.
5. Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи; пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80 с.
6. Береговой, А.М. Анализ использования факторов энергосбережения в архитектурно–строительном проектировании зданий различной этажности в региональных условиях / А.М. Береговой, М.А. Дерина, Я.И. Сухов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №1. URL: www.science-education.ru/121-17723 (дата обращения 10.03.2015).
7. Береговой, А.М. Вопросы повышения энергоэффективности зданий в стадии проектирования и восстановления / А.М. Береговой, М.А. Дерина, Я.И. Сухов // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/05/54441> (дата обращения: 20.10.2015).
8. Береговой, А.М. Наружные ограждающие конструкции, адаптированные к использованию энергии природной среды / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой, А.В. Гречишкин // Известия вузов. Строительство. – 2005. – №2. – С. 4-8.

9. Береговой, А.М. Наружные ограждающие конструкции с различной тепловой инерцией и энергоэффективностью / А.М. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина // Актуальные проблемы проектирования и возведения зданий и сооружений с учетом энергосберегающих технологий и современных методов строительства: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2011. – С. 27-30.

10. Береговой, А.М. Оценка тепловых потерь при эксфильтрации воздуха через пористую структуру материала ограждения / А.М. Береговой, М.А. Дерина, В.А. Береговой, А.В. Мальцев // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2. – С. 79-83.

11. Береговой, А.М. Повышение энергоэффективности построенных домов коттеджного типа г.Пенза / А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина, М.А. Дерина // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск, 2011. – №5. – С. 87-90.

12. Береговой, А.М. Пути повышения энергоактивности зданий и конструкций из местных материалов / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой, С.В. Зворыгина // Известия вузов. Строительство. – 2006. – №9. – С. 4-9.

13. Береговой, А.М. Тепловая эффективность наружных ограждений зданий при фазовых превращениях влаги / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина // Известия вузов. Строительство. – 2011. – №12. – С. 73-79.

14. Береговой, А.М. Тепловая эффективность эксплуатируемых жилых зданий [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №1. – С. 107–111.

15. Береговой, А.М. Техничко-экономическая эффективность энергосберегающих решений в архитектурно-строительном проектировании / А.М. Береговой, М.А. Дерина, Л.Н. Петрянина // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №2. – С. 144-148.

16. Береговой, А.М. Энергосбережение в архитектурно–строительном проектировании [Текст] / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой // Жилищное строительство. – 2002. – №5. – С. 4-6.

17. Береговой, А.М. Энергосбережение в жилых зданиях с большим сроком эксплуатации [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина // Известия вузов. Строительство. – 2011. – №5. – С. 59–64.

18. Береговой, А.М. / Энергосбережение в индивидуальном жилом доме при использовании тепла верхних слоев земли / А.М. Береговой, В.А. Береговой // Изв. вузов. Строительство. – 2008. – №10. – С.54-58.

19. Береговой, А.М. Энергоэкономические и энергоактивные здания в архитектурно-строительном проектировании: учеб. пособие / А.М. Береговой, А.В. Гречишкин, В.А. Береговой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 200 с.

20. Береговой, А.М. Эффект энергосбережения в помещении с естественной вентиляцией в условиях инфильтрации воздуха через наружную стену / А.М. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Дерина, А.В. Гречишкин // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3. – С. 140-144.

21. Береговой, А.М. Эффективность использования тепла земли подземным пространством здания / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Гречишкин, О.Л. Викторова // Жилищное строительство. – 2011. – №1. – С. 30-31.

22. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов / В.Н. Богословский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982. – 415 с., ил.

23. Бродач, М.М. Здания с нулевым энергетическим балансом – миф или реальность? / М.М. Бродач // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2010. – №8. – С.4-8.

24. Бутузов, В.А. Возобновляемые источники энергии / В.А. Бутузов, В.Х. Шетов // Энергосбережение. – 2008. – №6. – С.81-83.

25. Бутузов, В.А. Технологии, оборудование и материалы солнечных коллекторов / В.А. Бутузов, Е.В. Брянцева, В.В. Бутузов, И.С. Гнатюк // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – №7. – С. 54-58.

26. Васильев, Г.П. Использование низкопотенциальной энергии земли в теплонасосных системах [Текст] / Г.П. Васильев, Н.В. Шилкин // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2003. – №2. – С.52-61.

27. Васильев, Г.П. Нужен ли энергосбережению контроль? / Г.П. Васильев // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2011. – №6. – С.4-8.

28. Верховский, А.А. Энергоэффективность светопрозрачных ограждающих конструкций / А.А. Верховский, И.И. Нанасов, Е.В. Елизарова, Д.И. Гальцев, В.В. Щередин // Жилищное строительство. – 2012. – №6. – С. 60-63.

29. Владимиров, Р.В. Подвалы многоквартирных жилых домов [Текст] / Р.В. Владимиров // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2007. – №6. – С.20-27.

30. Гагарин, В.Г. Жилищный фонд и энергосбережение / В.Г. Гагарин // Строительные материалы. – 2010. – №3. – С.8-16

31. Гагарин, В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий/ В.Г. Гагарин // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2009. – №1. – С.10-16; №2. – С.14-23; №3. – С.62-66.

32. Дерина, М.А. Комплекс мероприятий по увеличению энергосбережения в малоэтажных жилых домах / М.А. Дерина, А.М. Береговой, А.В. Мальцев, Л.Н. Петрянина // Перспективные вопросы мировой науки: материалы VI науч.-практ. конф. Т. 38. – София; Белгород. – 2013. – С. 14-17.

33. Дерина, М.А. Способы повышения энергосбережения в малоэтажных жилых домах / М.А. Дерина, А.В. Мальцев, А.М. Береговой // Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве и хозяйстве: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 29-32.

34. Дерина, М.А. Сравнение теплотерь надземных и подземных помещений жилого дома / М.А. Дерина, А.В. Мальцев, А.М. Береговой // Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве и хозяйстве: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 33-36.

35. Дмитриев, А.Н. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия [Текст] / А.Н. Дмитриев, И.Н. Ковалев, Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.
36. Дячек, П.И. Теплотери через полы по грунту и заглубленные части зданий / П.И. Дячек, С.А. Макаревич // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2009. – №3. – С.15–18.
37. Езерский, В.А. Влияние вентилируемого фасада на теплозащитные качества утеплителя / В.А. Езерский, П.В. Монастырев // Жилищное строительство. – 2003. – №3. – С.18–20.
38. Езерский, В.А. Влияние параметров тепловой защиты здания на удельный расход тепловой энергии / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Р.Ю. Клычников // Жилищное строительство. – 2010. – №1. – С. 43-45.
39. Езерский, В.А. Оптимизация параметров тепловой защиты здания по экономическому критерию / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Р.Ю. Клычников // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №3. – С. 13-16.
40. Еремкин, А.И. Проектирование и техническая эксплуатация зданий. Снегозадержание и предотвращение обледенения кровель [Текст]: учеб. пособие / А.И. Еремкин [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 60с.
41. Заддэ, В.В. Автономные солнечные системы для индивидуальных домов / В.В. Заддэ // Энергосбережение. – 2008. – №8. – С.64-67.
42. Зоколей, С.В. Пассивные методы использования солнечной энергии / С.В. Зоколей [и др.]; под ред. Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова // Энергоактивные здания. – М.: Стройиздат, 1988. – С. 276-305.
43. Зоколей, С. Солнечная энергия и строительство / С. Зоколей; под ред. Ю.Н. Малевского: пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1979. – 208 с., ил. – Перевод. изд.: Solar energy and building /S.V. Szokolay.
44. Иванов, Г.С. Энергосбережение при реставрации и капитальном ремонте зданий / Г.С. Иванов, Д.Ю. Хромец // Жилищное строительство. – 2002. – №1. – С. 7-9.

45. Иванцов, А.И. Натурные исследования эксплуатационных воздействий на фасадные системы с различными видами эффективных утеплителей / А.И. Иванцов, В.Н. Куприянов, И.Ш. Сафин // Жилищное строительство. – 2013. – №7. – С. 29-32.
46. Ивашенцева, Т.А. Формирование экономической модели малоэтажного жилого дома / Т.А. Ивашенцева, А.Б. Коган // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – №4. – С.71-76.
47. Казьмин, П.П. Перспективы развития малоэтажного строительства в России / П.П. Казьмин // Жилищное строительство. – 2009. – №1. – С. 20-22.
48. Канев, С.Н. Энергоэффективный дом в Хабаровске / С.Н. Канев // Энергосбережение. – 2011. – №5. – С.41-45.
49. Княжева, Т.И. Градостроители [Текст]: (трест «Жилстрой»: 1959-1999гг.) / Т.И. Княжева. – Пенза: Пензенская правда, 2012. –343с.
50. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий МДС 13-20.2004: пособие по проектированию. – М.: Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений ОАО «ЦНИИПромзданий», 2004. – 164 с.
51. Кононова, М.С. Оценка снижения теплopotребления на отопление зданий при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений / М.С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2011. – №8-9. – С. 78-83.
52. Крюков, А.Р. Малоэтажное жилище для массовой застройки / А.Р. Крюков, Н.Ю. Смурова // Жилищное строительство. – 2012. – №4. – С. 38-42.
53. Крюков, А.Р. Проектные приоритеты архитектуры современного массового малоэтажного жилища экономического класса / А.Р. Крюков, Н.Ю. Смурова // Жилищное строительство. – 2010. – №12. – С. 8-11.
54. Ливчак, В.И. Реальный путь повышения энергоэффективности за счет утепления зданий / В.И. Ливчак // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2010. – №3. – С.62-67.

55. Ливчак, В.И. Фактическое теплотребление зданий как показатель качества и надежности проектирования / В.И. Ливчак // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2009. – №2. – С.4-10.

56. Ливчак, В.И. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилых зданий в России / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2001. – №5. – С.26-29.

57. Мальцев, А.В. Наружное ограждение, утилизирующее тепло уходящего воздуха из помещения [Текст] / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, В.А. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №1. – С. 123–127.

58. Мальцев, А.В. Утилизация тепла наружными ограждениями / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, М.А. Дерина // Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве и хозяйстве: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 48-52.

59. Мальцев, А.В. Энергосбережение в многоэтажных жилых зданиях, основанное на экономайзерном эффекте / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, М.А. Дерина // Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве и хозяйстве: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 53-58.

60. Малявина, Е.Г. Сравнение результатов расчета теплотерь заглубленных в грунт частей зданий по существующим инженерным методикам / Е.Г. Малявина, Д.С. Иванов, Е.А. Михеева // Естественные и технические науки. – 2015. – №6. – С.549–552.

61. Малявина, Е.Г. Теплотери здания: справочное пособие / Е.Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с.

62. Меклер, В.Я. Строим теплый коттедж / В.Я. Меклер // Энергосбережение. – 2011. – №3. – С.54-56.

63. Монастырев, П.В. Жилищный фонд и энергосбережение / П.В. Монастырев // Жилищное строительство. – 2000. – №5. – С.14-15.

64. Опарина, Л.А. Организационные аспекты проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – №10. – С. 32-33.

65. Осадчий, Г.Б. Энергосбережение при эксплуатации жилья / Г.Б. Осадчий // Жилищное строительство. – 2001. – №11. – С. 12-13.

66. Пак, А.А. Пути совершенствования теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий / А.А. Пак, Р.Н. Сухорукова // Жилищное строительство. – 2009. – №8. – С. 30-32.

67. Петрова, З.К. Категории современного малоэтажного жилища по уровню комфорта / З.К. Петрова // Жилищное строительство. – 2009. – №1. – С.23-25.

68. Петрянина, М.А. Энергоэффективные малоэтажные дома в г.Пензе / М.А. Петрянина, А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина // Основные проблемы современной науки: материалы VI науч.-практ. конф. Т. 22. – София; Белгород, 2010. – С. 70-71.

69. Попель, О.С. Стимулирование и препятствия развития альтернативной энергетики в России / О.С. Попель // Энергосбережение. – 2012. – №4. – С.68-71.

70. Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений и сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.rg.ru/2011/02/02/stroeniya-dok.html> {дата обращения 08.10.2014}

71. Прыкин, Б.В. Повышение эффективности управления портфелем собственности девелоперских компаний за счет использования организационно-экономического механизма стимулирования строительства энергоэффективных зданий / Б.В. Прыкин, Е.А. Киселева // Недвижимость: экономика, управление. – 2012. – №1. – С.50-52.

72. Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования ВСН 61-89 (р) / Госкомархитектуры // Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 18с.

73. Ржеганек, Я. Снижение теплопотерь в зданиях / Я. Ржеганек, А. Яноуш; под ред. Л.М. Махова; пер. с чеш. В.П. Поддубного. – М.: Стройиздат, 1988. – 168 с.: ил. – ISBN 5-274-00219-6

74. Сазонов, Э.В. Моделирование процессов поступления тепловых ресурсов нетрадиционных источников теплоты для систем теплоснабжения / Э.В. Сазонов, Д.М. Чудинов, К.Н. Сотникова // Известия вузов. Строительство. – 2010. – №1. – С. 55-61.

75. Самарин, О.Д. Влияние экранов и жалюзи на теплозащитные свойства светопрозрачных конструкций / О.Д. Самарин, А.В. Бушов // Изв. вузов. Строительство. – 2012. – №2. – С.64-68.

76. Самарин, О.Д. К вопросу оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в условиях рыночной экономики / О.Д. Самарин, С.Ю. Барвинский, И.Р. Садикова [Электронный ресурс] // URL: <http://www.energsovet.ru/stat360.html> {дата обращения 22.12.2014}

77. Самарин, О.Д. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий / О.Д. Самарин, П.С. Васин, Н.Н. Зайцев, Р.Ф. Гарифуллин, Н.В. Загорцева // сб. докл. конф. РНТО строителей. – 2004.–С.56-60.

78. Самарин, О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность [Текст] /О.Д. Самарин. – М.: МГСУ, 2009. – 292 с.

79. Семенов, А.С. Организация технического обследования зданий жилищного фонда / А.С. Семенов // Жилищное строительство. – 2010. – №12. – С. 23-25.

80. Семина, Т.А. Исторические аспекты развития малоэтажного жилищного строительства в Российской Федерации: основные предпосылки актуальности данного способа решения жилищного вопроса населения в современный период/ Т.А. Семина, А.В. Чернов // Жилищное право. – 2009. – № 12. – С. 103-111.

81. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 25 с.

82. Сотников, А.Г. Теплофизический расчет теплопотерь подземной части зданий / А.Г. Сотников // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2010. – №8. – С.62-67.

83. СП 22.13330.2011. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Минрегион России, 2011. – 161 с.

84. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. –139с.

85. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012. – 96 с.

86. СП 118.13330.2012. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. – М.: Минрегион России, 2012. – 77 с.

87. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: Минрегион России, 2012. – 115 с.

88. Стерлинг, Р. Проектирование заглубленных жилищ / Р. Стерлинг [и др.]: пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1983. –192 с.; ил.

89. Табунщиков, Ю.А. Индивидуальный жилой дом высоких технологий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2012. – №8. – С.10-15.

90. Табунщиков, Ю.А. Методы и результаты оценки эффективности энерго-сберегающих решений / Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин, Ю.В. Миллер // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2013. – №7. – С.38-49.

91. Табунщиков, Ю.А. Ночные окна – окна с существенно переменной теплозащитой / Ю.А. Табунщиков // Энергосбережение. – 2008. – №1. – С.18-20.

92. Табунщиков, Ю.А. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак, В.Г. Гагарин, Н.В. Шилкин // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2009. – №5. – С.17-25.

93. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин.– М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.

94. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания и инновационные инженерные системы / Ю.А. Табунщиков // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2014. – №1. – С.6-13.
95. Терной, С. Проектирование энергоэкономичных общественных зданий / С. Терной, Л. Бекл, К. Робинс. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.
96. Турулов, В.А. /Использование солнечной энергии в строительстве зданий / В.А. Турулов // Энергосбережение. – 2011. – №6. – С.73-77.
97. Турулов, В.А. /Теплоэнергетические основы проектирования гелиоактивных стен / В.А. Турулов // Энергосбережение. – 2007. – №1. – С.82-87.
98. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. N 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики" [Электронный ресурс] // <http://base.garant.ru/193388/#ixzz3tA6UPbGc.html> {дата обращения 05.04.2014}.
99. Устинова, А.И. Практика повышения долговечности и ремонтпригодности малоэтажного жилища / А.И. Устинова // Жилищное строительство. – 2001. – №11. – С. 4-7.
100. Ушков, Ф.В. Теплопередача ограждающих конструкций при фильтрации воздуха / Ф.В. Ушков. – М.: Стройиздат, 1969. – 144 с.
101. Фасхиев, Х.С. / Оценка экономичности малоэтажных жилых домов и их систем / Х.С. Фасхиев // Жилищное строительство. – 2009. – №10. – С. 9-12.
102. Федеральный закон №261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> {дата обращения 02.09.2014}
103. Федянин, В.Я. Опыт создания и эксплуатации энергоавтономного здания в г.Барнауле / В.Я. Федянин, В.А. Мещеряков // Энергосбережение. – 2008. – №8. – С.52-55.
104. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин; под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с. – 5000 экз. – ISBN5-98267-023-5

105. Хабелашвили, Ш.Г. Дом с малым энергопотреблением – дом будущего / Ш.Г. Хабелашвили // Кровельные и изоляционные материалы. – 2012. – №1. – С.23-24.
106. Черешнев, И.В. Применение энергосберегающих технологий при реконструкции жилых домов [Текст] / И.В. Черешнев // Жилищное строительство: научно-технический и производственный журнал. – 2005. – №12. – С.16-19.
107. Шарипов, А.Я. Энергосбережение в программе «Доступное жилье» / А.Я. Шарипов // Энергосбережение. – 2008. – №5. – С.20-25.
108. Щукина, Т.В. Тенденции возрастающей энергообеспеченности гелиоактивных зданий / Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2009. – №2. – С.66-70.
109. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Территориальные строительные нормы Пензенской области: Нормативы по энергопотреблению и теплозащите ТСН 23-3ХХ-2002 Пензенской области / Издание официальное. – Пенза, 2002. – 51 с.
110. Carmody J., Selkowitz S., Arasteh D., Heschong L. Residential Windows – A Guide to New Technologies and Energy Performance, New York, W.W.Norton, 2007.
111. Carmody J., Selkowitz S., Lee E., Arasteh D., Willmert T. Window Systems of High-Performance Buildings, W.W.Norton&Company, 2003.
112. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
113. Ehhorn H., Reiss J., Klutting H., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2006. – №2. – С.36-49.
114. Lucke A. Первичная энергия как критерий энергетической эффективности / А. Lucke // Энергосбережение. – 2011. – №4. – С.8-11.
115. Lstiburek J. Understanding basements // ASHRAE Journal. – 2006. – July. – Vol. 48.
116. Rybach L., Sanner B. Ground-source heat pump systems – the European experience. GeoHeatCenter Bull. 21/1, 2000.

117. Trenberth, K.E. Earth's global energy budget / K.E. Trenberth, J.T. Fasullo, J. Kiehl // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2009. – Vol.90, №3. – Pp.311–323.

118. <http://www.penza.build2last.ru/index.php?category=1385>

119. <http://www.metallotorg.ru/info/pricelists/46529/>

120. http://usk-company.ru/price?_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTSzMDk3MTgxOzE4MDk2OTk2O3lhbmRleC5ydTpkeW5hbWlj&yclid=5738922077377222999#anchor_17

121. <http://xn--80aib2acdagem0a.xn--p1ai/shop/product/3011-klej-plitochnyj-standart-perfekta-25-kg>

122. https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=236145&lat=54.45&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=&p=grid_id&p=swvdowncook&step=2&lon=55.317

123. Электронный журнал «Оконная и фасадная индустрия» http://ofmag.ru/stati/publikacii_okonnyj_rynok/publikaciya_7/

124. <http://xn----8sbifcv4ageoegy17l.xn--p1ai/energoeffektivnyj-kvartal-tyumeni/>

125. <https://www.veluxshop.ru/product/velux-blinds/energy-blinds>

126. Техническое заключение от 05.04.2013 о состоянии конструктивных элементов трехэтажного жилого дома со встроенным магазином по ул. Коммунистической, 57 в г. Каменке Пензенской обл., выполненное ООО «Союзпроект».

Здание для размещения кассово-инкассаторского центра,
расположенного по адресу: г. Пенза, ул. Калинина – Суматовка

План 1-го этажа



План 3-го этажа



План подвала

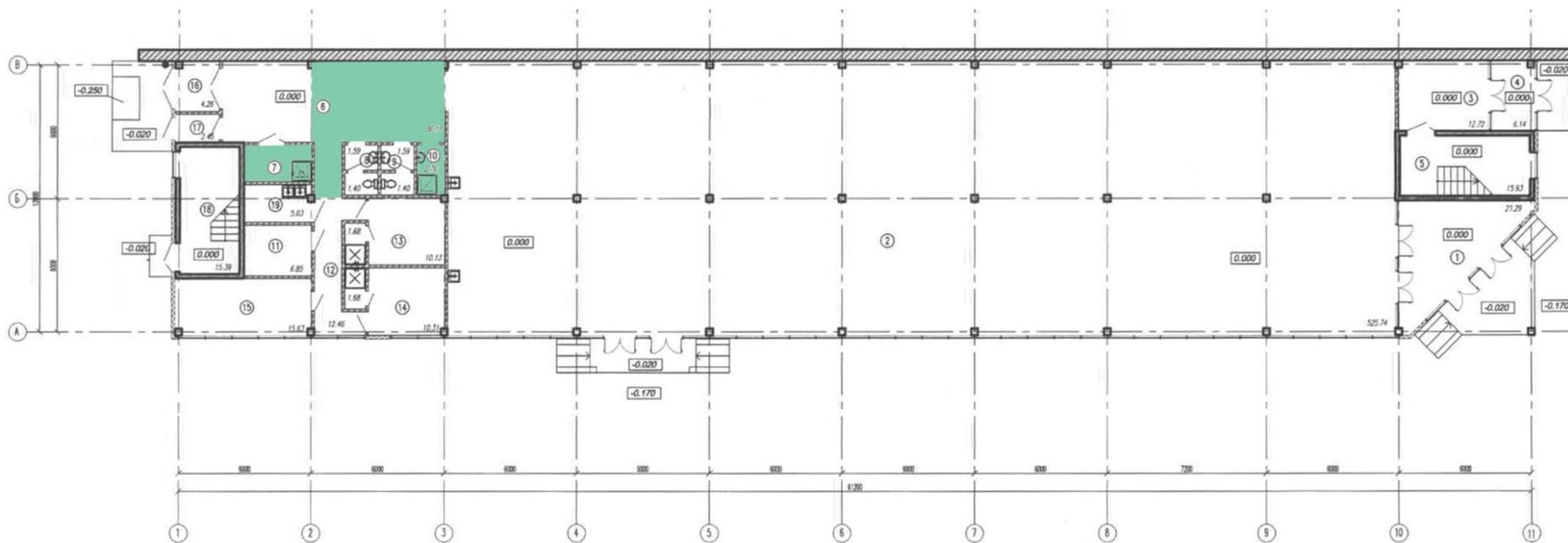


Экспликация помещений здания для размещения кассово-инкассаторского центра,
расположенного по адресу: г.Пенза, ул. Калинина – Суматовка,
перенесенных в подвальный этаж

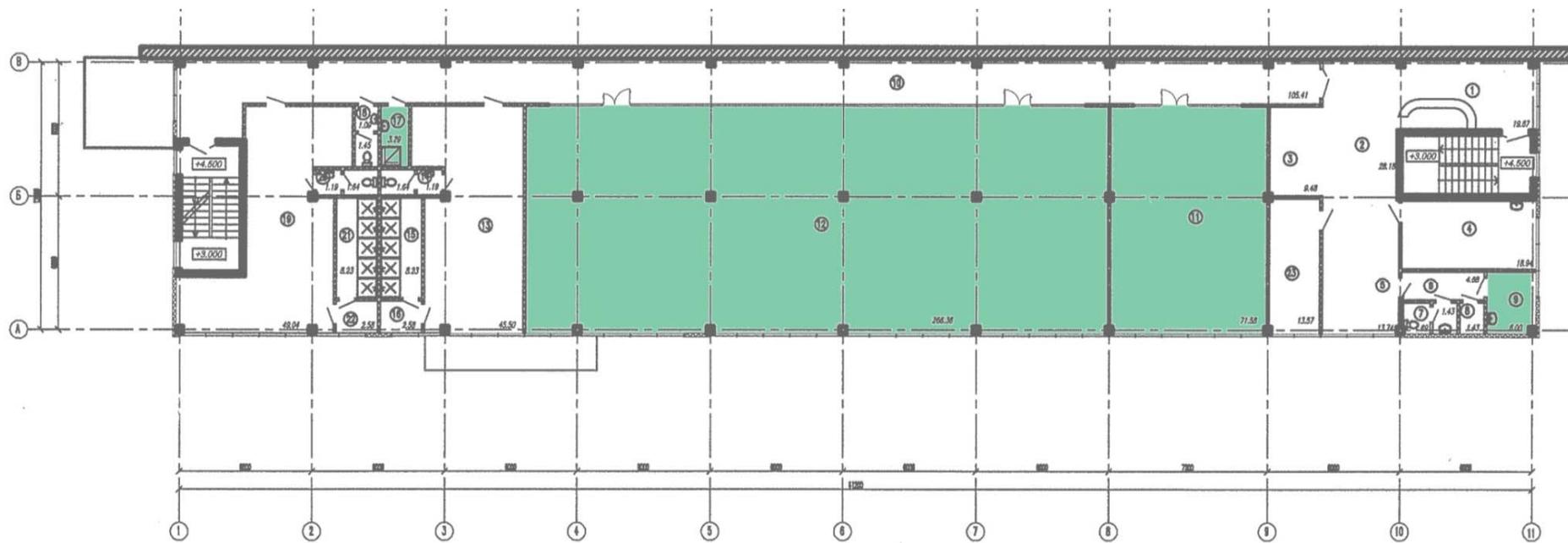
№	S, м ²	Наименование помещения
1-й этаж		
20	17,38	помещение хранения РМНК
21	15,36	помещение для хранения приспособлений для транспортировки банковских ценностей
22	34,22	помещение для хранения порожних кассет УС
27	64,97	кладовая денежной наличности
28	51,65	кладовая ценностей
29	21,53	послеоперационная кладовая
30	11,78	электрощитовая
31	11,94	помещение ремонта, очистки и хранения СБО
32	2,1	кладовая уборочного инвентаря
2-й этаж		
3	13,74	архив
4	14,65	склад
10	14,95	помещение для чистки оружия
11	17,54	помещение для зарядания/разрядания оружия
12	14,73	помещение для хранения оружия
16	15,58	помещение для порожних сумок (спецпакетов) и спецконтейнеров
22	2,11	кладовая уборочного инвентаря
23	8,77	помещения для хранения сумок и баулов
3-й этаж		
1	32,59	архив
4	8,22	архив
6	20,1	серверная подразделения кассового центра
30	5,74	кладовая уборочного инвентаря

Торгово-офисный центр по ул.Лядова

План 1-го этажа



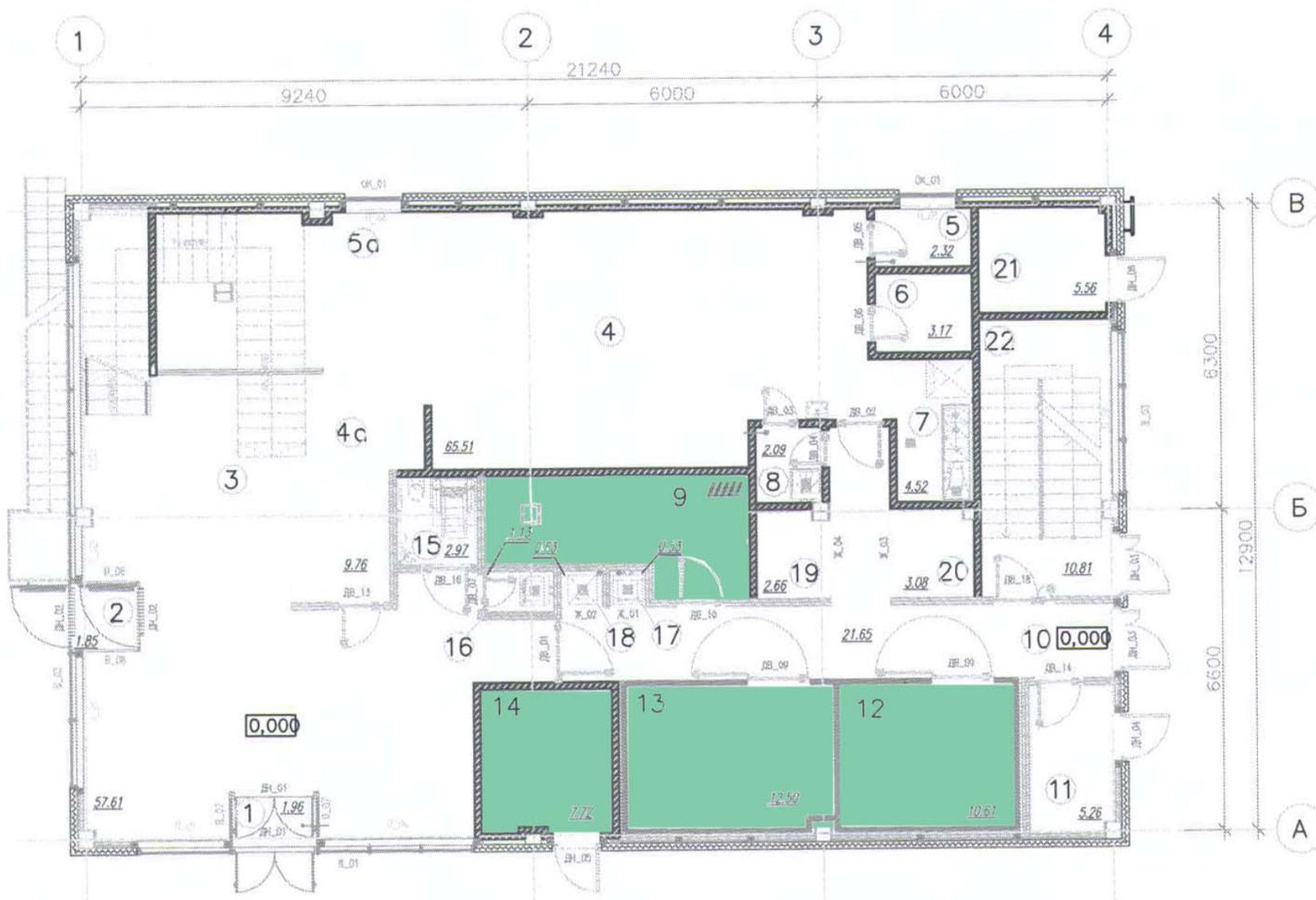
План 2-го этажа



Экспликация помещений торгово-офисного центра по ул.Лядова,
перенесенных в подвальный этаж

№	S, м ²	Наименование помещения
1 этаж		
6	36,11	разгрузочное помещение
7	4,9	помещение хранения и мойки тары
10	2,76	кладовая уборочного инвентаря
2 этаж		
9	6	подсобное помещение
11	71,58	зал фитнес-аэробики
12	266,36	тренажерный зал
17	3,29	кладовая уборочного инвентаря

План 1-го этажа



План подвала



Экспликация помещений предприятия общественного питания быстрого обслуживания (кафе) в районе проспекта Строителей, ул. Тернопольская, перенесенных в подвальный этаж

№	S, м ²	Наименование помещения
1 этаж		
9	11,14	склад
12	10,61	холодильная камера
13	12,5	морозильная камера
14	7,72	техническое помещение/ИТП

4. С403-8331 Блоки бетонные стен подвалов сплошные (ГОСТ13579-78) ФБС24-4-6-П /бетон В7,5 (М100), объем 0,543 м³, расход арматуры 1,46 кг/, шт.	80	<u>687.11</u>		54 969					
<i>ДЕСЯТЬ СБЛОКИРОВАННЫХ ДОМОВ</i>									
5. Е07-01-001-01 Укладка блоков и плит ленточных фундаментов при глубине котлована до 4 м, масса конструкций до 0,5 т, 100 шт. сборных конструкций	0.22	<u>4 488.74</u>	<u>2 843.51</u>	988	135	<u>626</u>	<u>72.37</u>	<u>15.9214</u>	
		615.15	334.10			74	23.38	5.1436	
6. Е07-01-001-02 Укладка блоков и плит ленточных фундаментов при глубине котлована до 4 м, масса конструкций до 1,5 т, 100 шт. сборных конструкций	0.62	<u>7 093.64</u>	<u>3 944.54</u>	4 398	489	<u>2 446</u>	<u>91.58</u>	<u>56.7796</u>	
		788.50	441.70			274	31.26	19.3812	
7. С403-8326 Блоки бетонные стен подвалов сплошные (ГОСТ13579-78) ФБС12-4-6-П /бетон В7,5 (М100), объем 0,265 м³, расход арматуры 0,76 кг/, шт.	22	<u>348.36</u>		7 664					
8. С403-8331 Блоки бетонные стен подвалов сплошные (ГОСТ13579-78) ФБС24-4-6-П /бетон В7,5 (М100), объем 0,543 м³, расход арматуры 1,46 кг/, шт.	62	<u>687.11</u>		42 601					
ИТОГО ПО СМЕТЕ				132 024	1 501	<u>7 365</u>		<u>174.913</u>	
						835		58.8848	
СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -				132 024	1 501	<u>7 365</u>		<u>174.913</u>	
						835		58.8848	
МАТЕРИАЛОВ -				119 168					
НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ - (%=130 - по стр. 1, 2, 5, 6)				3 037					

СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ - (%=85 - по стр. 1, 2, 5, 6)	1 986
ВСЕГО, СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -	137 047
ВСЕГО ПО СМЕТЕ	137 047
ВСЕГО НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	3 037
ВСЕГО СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ	1 986

ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА
(Локальный сметный расчет)
на Устройство стен

Сметная стоимость: **390.019**тыс. руб.
Нормативная трудоемкость: **2.253**тыс.чел.ч
Сметная заработная плата: **19.195**тыс. руб.

Составлена в базисных ценах на 01.2000 г.

№ поз.	Шифр и № позиции норматива, Наименование работ и затрат, Единица измерения	Количество	Стоим. ед., руб.		Общая стоимость, руб.			Затр. труда рабочих, не зан. обл. машин, чел-ч	
			всего	экс. маш.	всего	оплата труда осн. раб.	экс. маш. в т.ч. опл. труда мех.	обслуж. машины	
			оплата труда осн. раб.	в т.ч. опл. труда мех.				на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ДЕСЯТЬ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ДОМОВ

1.E08-02-001-01	336	<u>926.32</u>	<u>41.44</u>	311 244	14 660	<u>13 924</u>	<u>5.4</u>	<u>1814.4</u>
Кладка стен кирпичных наружных простых при высоте этажа до 4 м, 1 м3 кладки		43.63	5.80			1 949	0.4	134.4
Объем: 16.8*20								

ДЕСЯТЬ СБЛОКИРОВАННЫХ ДОМОВ

2.E08-02-001-01	33.6	<u>926.32</u>	<u>41.44</u>	31 124	1 466	<u>1 392</u>	<u>5.4</u>	<u>181.44</u>
Кладка стен кирпичных наружных простых при высоте этажа до 4 м, 1 м3 кладки		43.63	5.80			195	0.4	13.44
Объем: 16.8*2								
3.E08-02-002-05	0.738	<u>12 028.19</u>	<u>425.75</u>	8 877	881	<u>314</u>	<u>143.99</u>	<u>106.26462</u>
Кладка перегородок из кирпича неармированных толщиной в 1/2 кирпича при высоте этажа до 4 м, 100 м2 перегородок (за вычетом проемов)		1 193.68	59.60			44	4.11	3.03318
Объем: 8.2*9								

ИТОГО ПО СМЕТЕ	351 245	17 007	<u>15 630</u>	<u>2102.1046</u>
			2 188	150.87318
СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -	351 245	17 007	<u>15 630</u>	<u>2102.1046</u>
			2 188	150.87318
НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ - (%=122)	23 418			
СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ - (%=80)	15 356			
ВСЕГО, СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -	390 019			
ВСЕГО ПО СМЕТЕ	390 019			
ВСЕГО НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	23 418			
ВСЕГО СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ	15 356			

Перечень помещений, рекомендуемых к размещению
в подвальных и цокольных этажах здания

Помещения подвального этажа	Помещения цокольного этажа
<ul style="list-style-type: none"> – бойлерные, насосные водопровода и канализации; камеры вентиляционные и кондиционирования воздуха; узлы управления и другие помещения для установки и управления инженерным и технологическим оборудованием зданий; машинное отделение лифтов; – вестибюль при устройстве выхода из него наружу через первый этаж; гардеробные, уборные, умывальные, душевые; курительные; раздевалочные; кабины личной гигиены женщин; – кладовые и складские помещения (кроме помещений для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей); – помещения магазинов продовольственных товаров; магазинов непродовольственных товаров торговой площадью до 400 м² (за исключением магазинов и отделов по продаже легковоспламеняющихся материалов горючих жидкостей); помещения приема стеклопосуды, хранения контейнеров, уборочного инвентаря; – предприятия общественного питания; – санитарные пропускники; дезинфекционные; кабинеты труда и техники безопасности; бельевые; помещения хранения вещей больных; помещения временного хранения трупов; разгрузочные; распаковочные; помещения хранения и мытья мармитных тележек, гипса; хранилища радиоактивных веществ; помещения хранения радиоактивных отходов и белья, загрязненного радиоактивными веществами; помещения дезинфекции кроватей и стерилизации аппаратуры; компрессорные; – комнаты глажения и чистки одежды; помещения для сушки одежды и обуви; постирочные; 	<ul style="list-style-type: none"> – все помещения, размещения которых допускается в подвалах; – бюро пропусков, справочные, регистратуры, сберегательные и другие кассы; транспортные агентства, помещения выписки больных, центральные бельевые; – служебные и конторские помещения; – бассейны, крытые катки с искусственным льдом без трибуны для зрителей; – помещения копировально-множительных служб; – регистрационные залы; – бани сухого жара; – лаборатории по приготовлению радоновых и сероводородных вод в водолечебницах

- лаборатории и аудитории для изучения спецпредметов со специальным оборудованием;
- мастерские, разрешенные санитарными и пожарными службами (кроме учебных и мастерских лечебно-профилактических учреждений);
- комплексные приемные пункты бытового обслуживания; помещения для посетителей, демонстрационные залы, съемочные, залы фотоателье с лабораториями: помещения пунктов проката, залы семейных торжеств;
- радиоузлы, кинофотолаборатории; помещения для замкнутых систем телевидения;
- тир для пулевой стрельбы; спортивные залы и помещения тренировочных и физкультурно-оздоровительных занятий (без трибун для зрителей); помещения для хранения лыж; бильярдные; комнаты для игры в настольный теннис, кегельбаны;
- книгохранилища; архивохранилища; медицинские архивы;
- кинотеатры или их залы с числом мест до 300: выставочные залы; помещения для кружковых занятий взрослых, фойе;
- залы игровых автоматов, помещения для настольных игр, репетиционные залы (при числе одновременных посетителей в каждом отсеке не более 100 чел.). При этом следует предусматривать отделку стен и потолков из негорючих материалов;
- трюм сцены, эстрады и арены, оркестровая яма, комнаты директора оркестра и оркестрантов;
- дискотеки на 50 пар танцующих;
- помещения для сбора и упаковки макулатуры;
- камеры хранения багажа; помещения для разгрузки и сортировки багажа;
- стоянки легковых автомобилей



Россия, 440011, г. Пенза, ул. Фурманова, д. 21
 тел./факс (8412) 20-41-52, тел. (8412) 20-41-51
 e-mail: grajdan@penzazp.ru

ИНН 5836622483 / КПП 583601001
 р/с № 40702810448000006635
 в отделении N 8624 Сбербанка России г.Пенза
 к/с № 3010181000000000635, БИК 045655635

Исх. № 431 От «15» 08 2016г.

Генеральный директор



ООО «Гражданпроект»

Шляхин Ю.Е.

Заместитель генерального
 директора по производству
Холькин
Сергей Александрович
 на основании доверенности от 7.09.2013 г.

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы
 Дериной М.А. по повышению тепловой защиты малоэтажных гражданских
 зданий

ООО «Гражданпроект» принял к рассмотрению и внедряет в проектные решения зданий научные разработки и рекомендации Дериной М.А., полученные ей по результатам натурных обследований тепловой защиты малоэтажных зданий в г.Пензе. Натурные обследования являются частью ее диссертационной работы, выполненной ей в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

Разработанная методика оптимизации процесса эксфильтрации воздуха через ограждающую конструкцию позволяет экономить тепловые потери при регулировании воздухообмена в помещении при реконструкции тепловой защиты зданий. При термомодернизации конструкции чердачного перекрытия с использованием воздухонепроницаемого слоя экономия тепловой энергии для обследованных двухэтажных жилых домов может достигать 16%, а экономический эффект для квартала из 15 аналогичных домов – 225 530 руб. за отопительный период.

Использованные методики оценки эффективности утилизации тепла воздуха подвального помещения позволяют получить экономический эффект для жилого помещения в пределах 11-48%, а экономический эффект для жилого

квартала из 15 двухэтажных двухсекционных жилых домов составляет 237 600 руб. за отопительный период.

В работе обосновано внедрение ряда энергосберегающих мероприятий при строительстве и реконструкции зданий и выявлен экономический эффект каждого из них: блокирование ряда жилых малоэтажных зданий (33%), устройство теплозащитных штор на окнах (5%), перенос подсобных помещений из надземных этажей в подземную часть зданий (до 14,4%) и использование плоского солнечного коллектора.

Результаты исследований Дериной М.А. используются ООО «Гражданпроект» при проектировании тепловой защиты новых и реконструкции тепловой защиты существующих зданий и составлении энергетического паспорта жилых зданий в г.Пензе.

Главный конструктор

ООО «Гражданпроект» « ____ » _____

Главный архитектор проектов

ООО «Гражданпроект» « ____ » _____



 Косолапов А.С.
 *
 Суханов В.А.

Представители ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Научный руководитель д.т.н., профессор кафедры

«Городское строительство и архитектура» « ____ » _____


 Береговой А.М.

Соискатель кафедры

«Городское строительство и архитектура» « ____ » _____


 Дерина М.А.

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«П Е Н З А С Т Р О Й»

440018, г.Пенза, ул.Бекешская, 39, тел 42-19-73, факс (841-2) 42-19-50
р/сч 40702810515000000298 в ПРФ ОАО «Россельхозбанк»
к/с 3010181060000000718, БИК 045655718, ИНН 5836606763, КПП 583601001

«Утверждаю»

Генеральный директор ОАО «Пензастрой»

Журавлев В.М.

22.08

2016г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы
Дериной М.А. по повышению тепловой защиты малоэтажных гражданских зданий

ОАО «Пензастрой» подтверждает, что научные разработки и рекомендации
Дериной М.А. приняты к рассмотрению и внедрены в проектные решения зданий.

Технико-экономический анализ элементов тепловой защиты зданий, основу
которого составляют научные исследования, используемые в проектах ОАО
«Пензастрой», включен в состав проектной документации зданий.

В состав данного анализа вошли такие мероприятия как:

-блокирование ряда жилых малоэтажных зданий (эффект сбережения
тепловой энергии может составить 33% при условии идентичности
теплозащитных характеристик их наружных ограждений; единовременные затраты
на возведение фундаментов снизились на 28%, а стен – на 37,8%);

- устройство теплозащитных штор на окнах (тепловые потери снизились на
5%, а для двухэтажного здания на 18 квартир экономический эффект может
составить 14 тыс.руб. за отопительный период);

- перенос части надземных помещений в подземное пространство (эффект
энергосбережения заключается в уменьшении площади отопления надземных
этажей и может достигать 14%);

- использование плоского солнечного коллектора (чистый дисконтированный доход от его использования равен 32 818 руб.).

Упомянутые результаты исследований Дериной М.А. используются ОАО «Пензастрой» при проектировании новых зданий и их тепловой защиты и осуществлении авторского надзора в г.Пензе.

Подписано:

Главный инженер

Главный инженер проектов



Мозолин С.М.

Васюков А.П.

Представители ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Научный руководитель д.т.н., профессор кафедры

«Городское строительство и

архитектура»

« ____ » _____

Береговой А.М.

Соискатель кафедры

«Городское строительство и

архитектура»

« ____ » _____

Дерина М.А.

Российская федерация
Общество с ограниченной
ответственностью

«ПЕНЗАГРОПРОЕКТ»

440008 г. Пенза, Кулакова 8/2,
E-mail: info@pap58.ru
Web: http://www.pap58.ru
тел. 8(841-2)68-33-93 факс 68-32-86

05.10.2016 г. № _____

«Утверждаю»

Генеральный директор

ООО «Пензагропроект»



Андреев В.А.

05.10. 2016г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы Дериной М.А.
по повышению тепловой защиты малоэтажных гражданских зданий

ООО «Пензагропроект» подтверждает, что научные разработки Дериной М.А. используются при проведении мероприятий по повышению тепловой защиты зданий в г. Пензе.

Различные энергосберегающие мероприятия, применимые к зданиям существующего жилого фонда (укладка дополнительного теплоизоляционного слоя из воздухопроницаемого материала, устройство цементно-песчаной стяжки по засыпному или рыхлому плитному утеплителю, устройство натяжного потолка) показывают, что экономия тепловой энергии для обследованных двухэтажных жилых домов может достигать 16%, а экономический эффект для квартала из 15 аналогичных домов – 225 530 руб. за отопительный период.

В целях снижения расхода на отопление выявлена возможность использования тепла подземных помещений здания, в частности, при применении расчетной модели, основанной на использовании воздуховода, экономический эффект для жилого квартала из 15 двухэтажных двухсекционных жилых домов по аналогии с обследованными зданиями составляет 237 600 руб. за отопительный период.

В работе обосновано внедрение ряда энергосберегающих мероприятий при строительстве и реконструкции зданий. Выполнена технико-экономическая оценка целесообразности внедрения каждого из них: блокирование ряда жилых малоэтажных зданий (33%), устройство теплозащитных штор на окнах (5%), перенос подсобных помещений из надземных этажей в подземную часть зданий (до 14,4%) и использование плоского солнечного коллектора (чистый дисконтированный доход от его использования равен 32 818 руб.).

Упомянутые результаты исследований Дериной М.А. используются ООО «Пензаагропроект» при проектировании тепловой защиты зданий и осуществлении технического надзора в г. Пензе.

Подписано:

Главный специалист
Главный конструктор к. т. н.

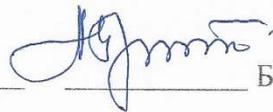


 Лубочникова Е.Е.

 Викторов В.В.

Представители ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Научный руководитель д.т.н., профессор кафедры
«Городское строительство и архитектура» «_____» _____

 Береговой А.М.

Соискатель кафедры
«Городское строительство и архитектура» «_____» _____

 Дерина М.А.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬСТВА»
440028, Пенза, ул. Германа Титова, д.28.
Тел./факс: 49-72-77
E-mail: office@pguas.ru
WEB: www.pguas.ru
ОКПО 02069059
ОГРН 1025801202624
ИНН/КПП 5835000786/583501001

03.10.2016 № 37-17-1323

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Ректор федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Пензенский государственный
университет архитектуры и
строительства»

доктор технических наук,
профессор

Ю.П. Скачков



СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс программного продукта Energy Saving Solver при подготовке курсов лекций и практических занятий, в курсовом проектировании инженеров и бакалавров по направлению «Строительство»

Комиссия в составе: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» Ласьков Н.Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Городское строительство и архитектура» Гречишкин А.В., д.т.н., профессор кафедры «Городское строительство и архитектура» Береговой А.М., соискатель Дерина М.А. рассмотрев программный продукт Energy Saving Solver заключила, что он может быть внедрен в учебный процесс ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» при проведении лекционных и практических занятий, в ходе курсового проектирования.

Программный продукт обладает следующими основными возможностями:

- определение класса энергосбережения жилых и общественных зданий;
- выбор энергосберегающего мероприятия для повышения класса энергоэффективности;
- изменение параметров, позволяющих повысить класс энергетической эффективности;

– выполнение расчетов с целью снижения энергопотребления в здании.

В ходе тестирования и эксплуатации программы подтверждено, что она обладает всеми заявленными возможностями и позволяет проводить расчеты по определению класса энергоэффективности зданий в соответствии с нормативными документами.

Программный продукт может использоваться в среде Windows XP, Windows 7, Windows 8 на одной и более ПЭВМ PC/AT 586 или выше со штатным набором периферийных устройств, объединенных в локальную сеть.

Зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
д.т.н., проф.


Ласьков Н.Н.

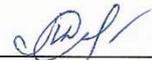
Зав. кафедрой
«Городское строительство и архитектура»
к.т.н., доц.


Гречишкин А.В.

Научный руководитель
д.т.н., проф.


Береговой А.М.

Соискатель


Дерина М.А.



Ласькова Н.Н.
Гречишкина А.В.
Береговой А.М.
Дерина М.А.
Подпись _____ заверше
Нач. кадров 
03.10.2016г.