

На правах рукописи



**ДЕРИНА МАРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА**

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Пенза 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Береговой Александр Маркович**

Официальные оппоненты: **Бодров Михаил Валерьевич**,  
доктор технических наук,  
профессор кафедры «Отопление и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

**Вытчиков Юрий Серафимович**,  
кандидат технических наук, доцент,  
директор центра «Энергосбережение в строительстве» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Защита состоится 12 января 2017 г. в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 212.184.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», по адресу: 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, дом 28, корпус 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Пензенского государственного университета архитектуры и строительства и на сайте: <http://dissovet.pguas.ru/index.php/contact-us/d-212-184-01/81-69-derina-mariya-aleksandrovna>.

Автореферат разослан 11 ноября 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.184.01

Сергей Васильевич  
Бакушев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Федеральная программа «Энергосбережение России» предусматривает рост энергопотребления экономики страны к 2020 году более чем в два 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.

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., 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., Зоколея С.В., Андерсона Б., Клейна С. и др.

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 натурные исследования тепловой защиты малоэтажных зданий (анализ состояния тепловой защиты ограждающих конструкций, измерение параметров микроклимата помещений); натурный эксперимент по оценке эффекта утилизации тепла земляного массива под подвальным помещением; расчетное моделирование процессов эксфильтрации и утилизации тепла.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты исследования уровня тепловой защиты эксплуатируемых малоэтажных зданий гражданского назначения г. Пензы.

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 натуральных исследований, натуральных 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 теплопереноса.

**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 МОиН 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, заключения, списка литературы из 126 наименований. Работа изложена на 172 страницах машинописного текста, содержит 103 рисунка, 12 таблиц; имеет 7 приложений, изложенных на 27 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** к диссертации обоснована актуальность темы исследования, описана степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи работы, изложена научная новизна, обозначены теоретическая и практическая значимость работы, приведены методы и методология исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

**В первой главе** представлена концепция и обозначена актуальность малоэтажного строительства, рассмотрены способы повышения тепловой эффективности зданий, приведен отечественный и зарубежный опыт строительства зданий с энергосберегающими конструкциями. Разработана классификация жилого фонда по типовым сериям, этажности и этапам строительства в г. Пензе.

Анализ отечественных и зарубежных научных исследований по теме диссертации позволил сформулировать актуальные задачи для дальнейшего исследования:

– существует необходимость в дальнейшем повышении энергоэффективности малоэтажных гражданских зданий, имеющих по сравнению с многоэтажными менее благоприятную удельную теплозащитную характеристику, а также в более точной оценке технико-экономической эффективности проведенных энергосберегающих решений;

– нуждается в продолжении исследований проблема использования для малоэтажных зданий альтернативных источников энергии (тепла солнечной радиации и земляного массива), отличающихся небольшой тепловой нагрузкой.

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

**Во второй главе** представлены результаты натурных исследований теплозащитных качеств ограждающих конструкций некоторых из обследованных малоэтажных гражданских зданий (таблица 1), а также анализ климатических факторов г. Пензы.

Натурные исследования малоэтажных гражданских зданий показали: в зданиях первого индустриального периода 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.

Таблица 1 – Результаты натурных исследований жилых и общественных зданий

№ п/п	Коэффициенты теплопередачи, Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)		Расход тепловой энергии за отопительный период $Q_{от}^{год}$ , (кВт·ч)/год	Общие теплопотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$ , (кВт·ч)/год	Расчетная удельная характеристика расхода энергии на отопление $q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	Нормируемая удельная характеристика расхода энергии на отопление $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	Удельный расход тепловой энергии за отопительный период $q$ , (кВт·ч)/(м <sup>3</sup> ·год)	Класс энергетической эффективности
	$K_{общ}$	$K_{об}$						
1	Жилой дом №21 по ул. Воровского							
	1,31	0,62	182811	214884	0,57	0,414	69,38	низкий
2	Жилой дом №19 по ул. Воровского							
	1,3	0,6	176397	208469	0,55	0,414	67	низкий
3	Жилой дом №5 по ул. Докучаева							
	1,25	0,58	169982	202055	0,53	0,414	64,51	низкий
4	Жилой дом №19 по ул. Фрунзе							
	1,35	0,68	193818	220654	0,63	0,414	74,5	низкий
5	Жилой дом №57 по ул. Коммунистической в г. Каменке Пензенской обл.							
	1,33	0,65	189215	218554	0,6	0,414	72,2	низкий
6	Музыкальная школа №4 по ул. Бумажников							
	1,21	0,5	158820	198620	0,48	0,255	61,3	низкий
7	Здание Пенсионного фонда по ул. Коммунистическая							
	1,18	0,48	151512	188340	0,45	0,255	59,8	низкий

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

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.

В малоэтажных гражданских зданиях новой застройки 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).

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.

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, что наблюдаемые периоды с низкими температурами наружного воздуха указывают на необходимость проектирования и реконструкции наружных ограждений зданий с высокими теплозащитными качествами. 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.

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, а также на энергоактивность этих зданий.

**В третьей главе** представлены результаты теоретического исследования процесса эксфильтрации воздуха для оценки величины тепловых потерь через наружные ограждения с пористой структурой материала. Проведенное исследование основано на расчетном моделировании физических процессов тепломассопереноса с использованием уравнений строительной теплофизики.

В поставленную задачу исследования входили:

- разработка модели и методики расчета величины тепловых потерь через наружное ограждение в процессе эксфильтрации воздуха;
- выбор энергосберегающих решений, позволяющих снизить тепловые потери через наружные ограждения с пористой структурой материала.

Необходимость в проведении данных исследований вызвана тем, что, согласно натурным исследованиям, в зданиях первого индустриального периода строительства наблюдаются большие тепловые потери, вызывающие ухудшение теплового режима помещений верхнего этажа. Результаты обследований показали, что на снижение тепловой эффективности наружных ограждений непосредственное влияние оказывали как ошибки при проектировании конструкций и строительстве таких зданий, так и их неграмотная эксплуатация, нарушение сроков проведения текущих и капитальных ремонтов в течение длительного времени.

В данной 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 верх-

нем этаже будет действовать благодаря перераспределению плотностей холодного и теплого воздуха по высоте здания, т.е. за счет теплового напора;

– в конструкции чердачного перекрытия воздухопроницаемый слой или отсутствует, или имеет дефекты.

Величину тепловых потерь через чердачное перекрытие, имеющее в своем составе воздухопроницаемый слой, определили из формулы:

$$q = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})/R_0, \text{ Вт/м}^2. \quad (1)$$

В случае наличия дефектов этого слоя или его отсутствия (на что указали результаты натурных обследований), через конструкцию перекрытия будет происходить эксфильтрация воздуха в виде теплового потока  $q_u$ :

$$q_u = \frac{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot e^{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot R}}{e^{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot R_0} - 1} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (2)$$

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);  $\omega$  – количество эксфильтрующегося воздуха, кг/(м<sup>2</sup>·ч):

$$\omega = \Delta p/R_u, \quad (3)$$

где  $R_u$  – сопротивление воздухопроницанию многослойной конструкции чердачного перекрытия, (м<sup>2</sup>·ч·Па)/кг,

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}; \quad (4)$$

здесь  $R$  – сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия на границе у внутренней поверхности, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт;  $R_0$  – общее сопротивление теплопередаче перекрытия, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт;  $\Delta p$  – разница давлений воздуха по обе стороны наружного ограждения, Па:

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03\gamma_{\text{н}}v^2, \quad (5)$$

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/м<sup>3</sup>;  $v$  – 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 2), которая является типовой для большого массива обследованных малоэтажных зданий старой застройки в г. Пензе, а также через другие конструкции этого ограждения, применяемые в практике строительства.

Для использованных материалов и конструктивных слоев перекрытия приняты следующие значения плотности, кг/м<sup>3</sup>, 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<sup>2</sup>, найдены, соответственно, по формулам (1) и (2).

Выполненные расчеты позволили уточнить закономерности процесса эксфильтрации воздуха через пористую структуру ограждений (рисунки 1–5). Расчеты по разработанной модели были сделаны и для наружных стен, изготовленных из относительно воздухопроницаемых материалов, верхних этажей зданий на участках в потолочной зоне, где процесс эксфильтрации воздуха протекает более интенсивно.

Таблица 2 – Теплофизические показатели конструкций чердачного перекрытия

№ п/п	Конструктивная схема	$\omega$ , кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	$R_u$ , (м <sup>2</sup> ·ч·Па)/кг	$R_0$ , (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	$R$ , (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	$q_u$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q$ , Вт/м <sup>2</sup>
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

Показанные на рисунках 1–3 зависимости определены для обследованных двухэтажных зданий.

С ростом этажности здания увеличивается и величина тепловых потерь  $q_u$  через ограждающую конструкцию вследствие повышения теплового напора: через чердачное перекрытие по схеме 1 она составляет, Вт/м<sup>2</sup>, 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.

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 1) (рисунок 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 °С).

На рис. 4 и 5 зависимости количества эксфильтрующегося через стены воздуха  $\omega$  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  $R_u$ . Применяемое в практике термомодернизации зданий энергосберегающее мероприятие в виде укладки дополнительного теплоизоляционного слоя из воздухопроницаемого материала, например, минераловатной плиты по верху засыпного утеплителя, не решает проблему больших тепловых потерь через такое ограждение ( $q_u > q$  для конструктивной схемы №3 таблица 2).

Одно из энергосберегающих мероприятий – устройство цементно-песчаной стяжки по засыпному или рыхлому плитному утеплителю – относится к хорошо известным и несложным конструктивным решениям, однако, как показали натурные обследования, оно в целом ряде зданий старой застройки с момента строительства не реализовано. Это послужило причиной того, что за десятки лет эксплуатации такие дома понесли значительные тепловые потери.

Расчеты показали, что при термомодернизации конструкции чердачного перекрытия с использованием воздухопроницаемого слоя (схема №7) 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.

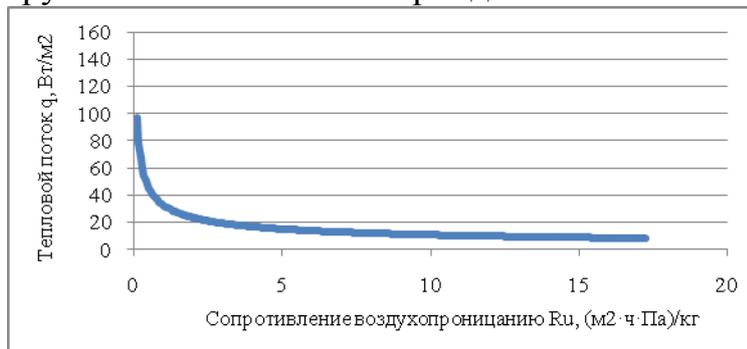


Рисунок 1 – Зависимость тепловых потерь  $q_u$  через конструкцию по схеме 1 от величины  $R_u$

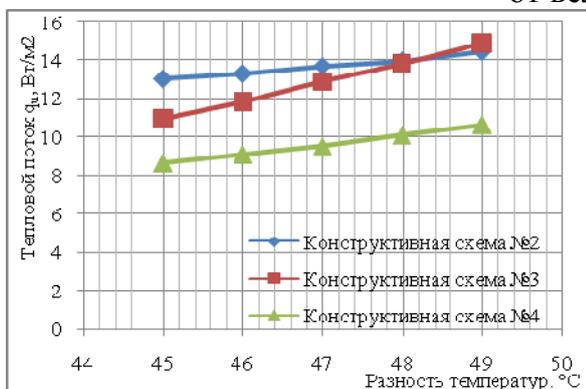


Рисунок 2 – Зависимость теплового потока  $q_u$  от разности температур для чердачного перекрытия

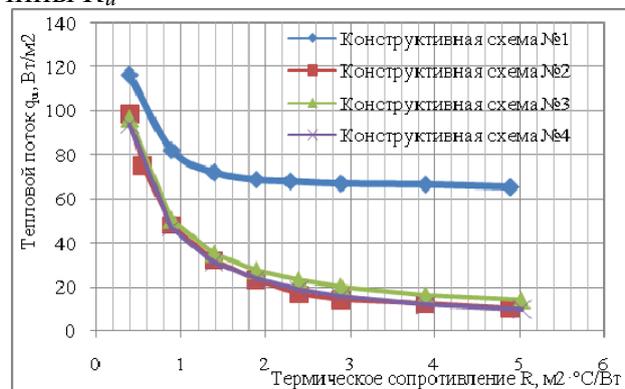


Рисунок 3 – Зависимость теплового потока  $q_u$  от термического сопротивления  $R_0$  для чердачного перекрытия

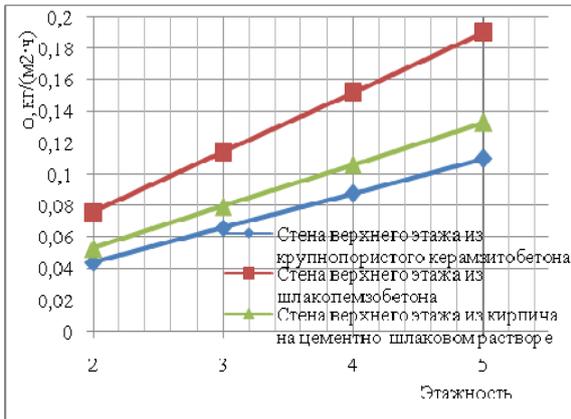


Рисунок 4 – Зависимость количества эксфильтрующегося воздуха  $\omega$  через конструкции наружных стен верхнего этажа от этажности

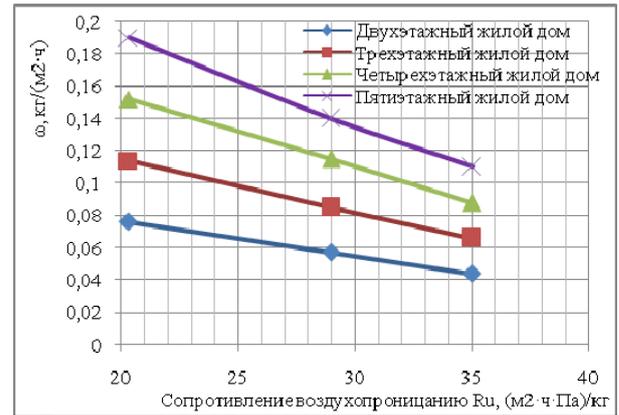


Рисунок 5 – Зависимость количества эксфильтрующегося воздуха  $\omega$  через конструкции наружных стен верхнего этажа от сопротивления воздухопроницанию  $R_u$

В четвертой главе была рассмотрена возможность использования тепла подземных помещений здания в целях снижения расхода на отопление.

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых по передаче тепловой энергии земли в помещения здания рассматриваются преимущественно грунтовые теплообменники и теплонасосные установки, имеющие относительно большую стоимость и требующие проведения сложных буровых и монтажных работ. Известны также более экономичные инженерные решения систем утилизации тепла с помощью подземных туннелей или каналов.

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 традиционное приточное отверстие в надземное помещение.

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:

$$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}. \quad (6)$$

На подогрев наружного холодного воздуха  $w_{\text{вент}}$ , кг/ч, имеющего удельный вес  $\gamma_n$ , Н/м<sup>3</sup>, затрачивается количество тепла:

$$Q = 0,28 \cdot w_{\text{вент}} \cdot \gamma_n \cdot c_v \cdot (t_v - t_n), \quad (7)$$

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

$$w_{\text{вент}} = 3600 \cdot v_{\text{вп}} \cdot \rho_{\text{вп}} \cdot S \cdot c_v, \quad (8)$$

где  $v_{\text{вп}}$  и  $\rho_{\text{вп}}$  – скорость, м/с, и плотность, кг/м<sup>3</sup>, воздуха в воздуховоде;  $S$  – площадь сечения воздуховода, м<sup>2</sup>;  $c_v$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С).

Для проверки разработанной расчетной модели была сконструирована экспериментальная установка (рисунок 6), состоящая из полиэтиленового воздуховода 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 – посредством термометров RST 02103 с термосенсорами, которые закреплялись внутри воздуховода. Отверстия для ввода термосенсоров тщательно герметизировались. Измерения проводили при значениях температур наружного воздуха  $t_n = -2, -4, -6$  °С, и температуры воздуха подвала  $t_b = +9$  °С.

Результаты экспериментального исследования в натуральных условиях эксплуатации здания показали хорошую сходимость расчетных и экспериментальных 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 (рисунок 7).

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

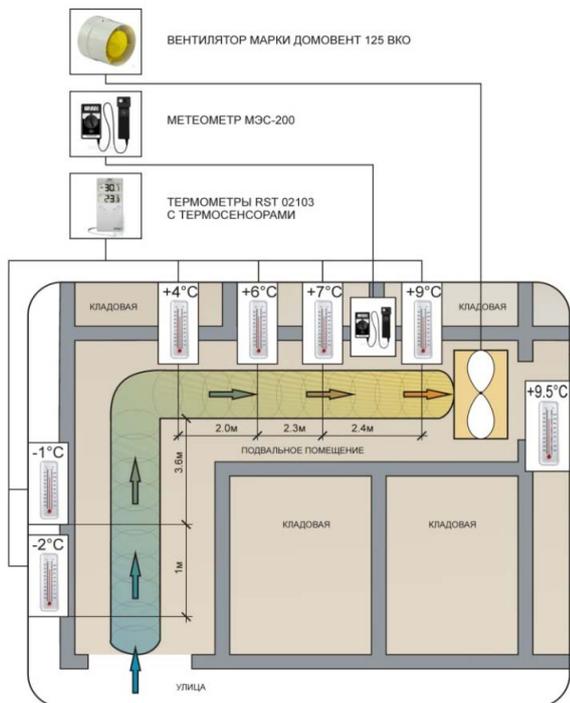


Рисунок 6 – Устройство экспериментальной установки в подвальном помещении

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 ( $t_n = -2$  °С,  $t_x$  на выходе  $+9$  °С) для жилого помещения может варьироваться в пределах 11–48 %, а экономический эффект для жилого квартала из 15 двухэтажных двухсекци-

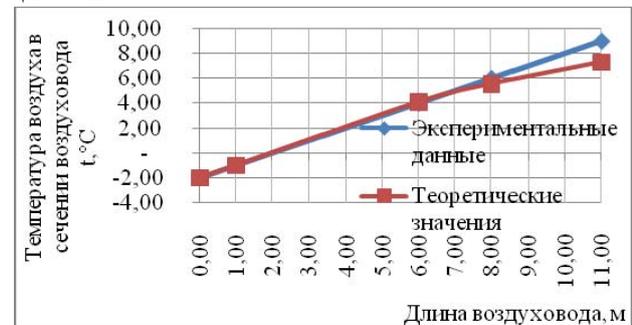


Рисунок 7 – График распределения температуры по длине воздуховода при скорости воздуха 1 м/с

онных жилых домов по аналогии с обследованными зданиями составляет 237 600 руб. за отопительный период;

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

**В пятой главе** выполнена технико-экономическая оценка целесообразности внедрения энергосберегающих решений в архитектурно-строительном проектировании малоэтажных зданий.

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

На основании проведенных натурных обследований и анализа проектных решений нескольких общественных зданий в г. Пензе выявлена возможность переноса из верхних этажей в подземный ряд подсобных помещений, не нуждающихся в нормативной расчетной температуре для жилых помещений и обогрев которых может быть осуществлен за счет поступления тепловых потоков со стороны земляного массива и через цокольное перекрытие. Получаемый при этом эффект энергосбережения заключается в уменьшении площади отопления надземных этажей и может достигать 14 % (таблица 3).

Эффект энергоресурсосбережения при блокировании объектов определили за счет уменьшения площади теплоотдающих наружных ограждений и протяженности фундаментов под них. Использовалась линейная схема блокирования на примере коттеджного поселка, состоящего из десяти отдельно стоящих двухэтажных однотипных жилых домов с размерами в плане 4,5×8 м и высотой 6 м. Наружные стены домов изготовлены из кирпичной кладки, фундаменты – из бетонных блоков.

Таблица 3 – 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 3 приняты обозначения:  $S_1$  и  $S_2$  – соответственно, первоначальные и перенесенные в подземный этаж площади помещений, м<sup>2</sup>;  $C_1$  и  $C_2$  – стоимость площади отопления здания, соответственно, первоначальная и после переноса помещений, руб., в ценах 2016 г.

Расчет показал, что при блокировании данных домов:

– 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 % (в соответствии со сметно-финансовым расчетом, выполненным по действующим нормативным расценкам стоимости материалов, эксплуатации машин и труда рабочих на строительство отдельно стоящих зданий и сблокированного из них дома).

При использовании известных в практике проектирования конструкций теплозащитных штор эффект энергосбережения в темное время суток опре-

делили, оценив снижение тепловых потерь через окна в результате увеличения их сопротивления теплопередаче. Выполненный расчет указал на большую длительность срока окупаемости инвестиций  $T$  (до 39 лет) с учетом дисконтирования поступающих доходов даже при ориентации окон на южную сторону горизонта.

С целью снижения величины  $T$  рассмотрена целесообразность применения в качестве теплозащитных штор ближайшего аналога – светозащитных штор – при условии наклейки 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 ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ).

С учетом указанной доработки срок окупаемости таких штор составил восемь лет, а ежегодный расчетный промежуточный доход за счет экономии энергоресурсов – 153 руб./год с одного окна размерами 1400×1500 мм. При этом тепловые потери рассмотренного выше дома 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.

Известно, что широкое использование заводских конструкций плоского солнечного коллектора (ПСК) в энергоактивных зданиях сдерживается из-за его относительной дороговизны. Технично-экономическую оценку эффективности упрощенного варианта ПСК<sup>1</sup>, разработанного в Пензенском ГУАС, выполнили в соответствии с комплексной методикой по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий и методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов.

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.

Результаты численного эксперимента, проведенного по вышеуказанной методике, подтвердили целесообразность использования разработанной конструкции ПСК на южном фасаде малоэтажного жилого здания. Хотя ее КПД в среднем в 1,1 раза уступает известным конструкциям ПСК (Сокол, VFK 145V, Wolf TopSon, Vitosol), однако срок окупаемости относительно невелик (при суммарной площади облучения 35,4  $\text{м}^2$  для дома площадью 120  $\text{м}^2$  он составляет шесть месяцев, что практически совпадает с продолжительностью отопительного периода для II климатического района). Чистый дисконтированный доход его использования равен 32 818 руб.

В расчете по определению тепловой потребности малоэтажного жилого здания, тепловых потерь и теплопоступлений в него предложен критерий,

---

<sup>1</sup> Разработка в рамках Межотраслевой программы сотрудничества Минобразования РФ и Федеральной службы специального строительства РФ по направлению "Научно-инновационное сотрудничество", 2002 г.

оценивающий эффективность использования рассмотренных альтернативных источников энергии и энергосберегающих решений

$$K_{\text{эф}}^{\text{аэн}} = q_{\text{от}}^{\text{р}} / q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}}, \quad (9)$$

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

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \cdot v\zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta \cdot h; \quad (10)$$

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

$$q_{\text{от}}^{\text{р.аэн}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) + k_{\text{ск}} + k_{\text{шт}} + k_{\text{пп}} + k_{\text{уп}} + k_{\text{бл}}] \cdot v\zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta \cdot h, \quad (11)$$

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 сэконо-ленного тепла от переноса ряда подсобных помещений в подземную часть здания, утилизации тепла ее воздушного пространства и применения принципа блокирования зданий.

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

## 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 сред и от скорости движения воздуха.

4. Разработана 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 двухсекционных двухэтажных жилых домов старой застройки она составляет 16 %, а для квартала из 15 аналогичных до-

мов общей площадью 1 000 м<sup>2</sup> 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 сходжение экспериментальных и теоретических значений средних температур воздуха в процессе циркуляции наблюдается при относительно небольших скоростях движения воздуха (до 1 м/с).

6. Разработана 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 до 48 %.

Экономический эффект от использования такого способа энергосбережения для указанного выше квартала из жилых домов 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 общественных зданий 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, теплопоступлений и тепловой потребности здания.

**Рекомендации.** Методики и подходы по повышению тепловой эффективности малоэтажных гражданских зданий, предложенные в диссертационной работе, могут быть использованы в практике термомодернизации эксплуатируемых жилых и общественных зданий. 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.** Использование энергосберегающих решений с учетом влияния альтернативных источников энергии перспективно не только для повышения тепловой защиты большого массива существующих малоэтажных гражданских зданий, но и для разработки новых проектов энергоэффективных зданий, отличающихся минимальным расходом тепловой энергии и комфортными условиями микроклимата помещений.

В связи с тем, что в отечественной практике строительства наметилась устойчивая тенденция увеличения объемов возведения малоэтажных и одно-двух семейных домов, перспективно дальнейшее исследование влияния конструктивных решений наружных ограждений на воздушный и тепловой баланс помещений и рассеянных природных источников энергии на тепловую эффективность этого типа зданий.

Результаты диссертационного исследования могут расширить методологические основы строительной теплофизики и проектирования энергоэффективных зданий, а также использоваться в учебном процессе.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

**А) в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК МОиН РФ:**

1. Береговой, А.М. Оценка тепловых потерь при эксфильтрации воздуха через пористую структуру материала ограждения [Текст] / А.М. Береговой, М.А. Дерина, В.А. Береговой, А.В. Мальцев // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2 (19). – С. 79–83.

2. Береговой, А.М. Техничко-экономическая эффективность энергосберегающих решений в архитектурно-строительном проектировании [Текст] / А.М. Береговой, М.А. Дерина, Л.Н. Петрянина // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №2 (23). – С. 144–148.

3. Береговой, А.М. Использование тепла земли подземных помещений в энергосбережении [Текст] / А.М. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №1 (26). – С. 85–89.

4. 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 (электронный журнал). – 2015. – №1; URL: [www.science-education.ru/121-17723](http://www.science-education.ru/121-17723) (дата обращения 10.03.2015).

5. Береговой, А.М. Энергосбережение в зданиях при воздействии экстремальных климатических факторов [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина (Дерина) // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – №1 (10). – С. 153–158.

6. Береговой, А.М. Энергосбережение в жилых зданиях с большим сроком эксплуатации [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина (Дерина) // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – №5. – С. 59–64.

7. Береговой, А.М. Тепловая эффективность наружных ограждений зданий при фазовых превращениях влаги [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина (Дерина) // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – №12. – С. 73–79.

8. Береговой, А.М. Тепловая эффективность эксплуатируемых жилых зданий [Текст] / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина (Дерина) // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №1 (12). – С. 107–111.

9. Мальцев, А.В. Влияние теплопроводности материала наружных ограждений в стадии увлажнения и промерзания на энергоэффективность зданий [Текст] / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, В.А. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №1 (15). – С. 57–61.

10. Береговой, А.М. Эффект энергосбережения в помещении с естественной вентиляцией в условиях инфильтрации воздуха через наружную стену [Текст] / А.М. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Дерина, А.В. Гречишкин // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3 (17). – С. 140–144.

11. Мальцев, А.В. Наружное ограждение, утилизирующее тепло уходящего воздуха из помещения / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, В.А. Береговой,

М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №1 (18). – С. 123–127.

12. Береговой, А.М. Наружные ограждающие конструкции в системе воздухообмена жилого многоэтажного здания / А.М. Береговой, М.А. Дерина // Современные проблемы науки и образования (электронный журнал). – 2015. – №1. URL: [www.science-education.ru/121-17257](http://www.science-education.ru/121-17257) (дата обращения 04.02.2015).

13. Береговой, А.М. Экологические параметры в архитектурно-строительном проектировании здания как единой энергетической и экологической системы / А.М. Береговой, М.А. Дерина, А.С. Щеглова // Современные проблемы науки и образования (электронный журнал). – 2015. – №1. URL: [www.science-education.ru/121-18447](http://www.science-education.ru/121-18447) (дата обращения 09.04.2015).

14. Береговой, А.М. Теплоаккумулирующая конструкция для компенсации теплопотерь помещения [Текст] / А.М. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №1 (26). – С. 102–106.

15. Береговой, А.М. Повышение энергоэффективности построенных домов коттеджного типа в г. Пензе [Текст] / А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина, М.А. Дерина // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – №5(38). – Часть 2. – С. 87–90.

#### **Б) в монографии:**

16. Береговой, А.М. Строительные материалы и наружные ограждения зданий повышенной тепловой эффективности / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, А.В. Гречишкин, М.А. Дерина. – Пенза: ПГУАС. – 2014. – 270 с.

#### **В) в других изданиях:**

17. Береговой, А.М. Влияние теплозащитных свойств крыш на обледенение кровель [Текст] / А.М. Береговой, М.А. Дерина // Вестник магистратуры. – 2015. – №2. Т.1. – С. 35–37.

18. Петрянина, Л.Н. Типизация в архитектурно-строительном проектировании с учетом климата [Текст] / Л.Н. Петрянина, О.Л. Викторова, М.А. Дерина, В.В. Викторова // Новый университет. – 2015. – №1–2. – С. 104–106.

19. Петрянина, Л.Н. Природно-климатические факторы в структуре города [Текст] / Л.Н. Петрянина, О.Л. Викторова, М.А. Дерина, В.В. Викторова // Новый университет. – 2015. – №3–4. – С. 94–96.

20. 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: 26.05.2016).

Дерина Мария Александровна

## **ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

### **АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 09.11.2016. Формат 60x84 1/16  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 1,0.

Тираж 100 экз.

ООО «Гражданпроект»  
г. Пенза, ул. Фурманова, 21.