

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Малыгиной Оксаны Александровны на тему «Повышение эффективности
систем отопления совершенствованием методов определения теплотехнических
характеристик ограждающих конструкций»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование
воздуха, газоснабжение и освещение

Актуальность темы диссертационной работы

Важнейшей составляющей жилых зданий массовой застройки являются системы отопления. Для повышения их эффективности применяются в наружных ограждающих конструкциях теплоизоляционные материалы. Современный рынок теплоизоляционных материалов предлагает широкий выбор продукции от отечественных производителей. Среди множества представленных утеплителей, особое место занимают такие популярные и проверенные временем материалы, как IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ и ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ. В настоящее время, для этих материалов недостаточно исследовано влияние изменения влажности в процессе эксплуатации на теплофизические свойства этих материалов. Это создает значительные трудности в точном прогнозировании тепловых потерь систем отопления и не позволяет точно проводить оценку приведенных затрат на их функционирование за отопительный период.

Поэтому актуальной является задача повышения эффективности систем отопления зданий совершенствованием методов определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Это позволит обеспечить повышение точности прогнозирования тепловых потерь и снижение приведенных затрат.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация включает введение, 5 разделов, заключение, список литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 165 страницы, в том числе 138 страниц основного текста, список литературы из 159 источников на 18 страницах, приложений на 9 страницах. Работа имеет 66 рисунка и 19 таблиц.

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, изложена методология и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту диссертации, обоснована достоверность полученных результатов, даны сведения об апробации научных исследований и опубликованных научных работах, дана информация по структуре и объему диссертации.

Первый раздел «Анализ состояния вопроса, постановка цели и задач исследования» посвящен анализу современных подходов к проектированию систем отопления жилых зданий массовой застройки и обоснованию направлений исследований для повышения эффективности этих систем. Отмечено, что при разработке систем отопления особое внимание уделяется вопросам достоверности прогноза тепловых потерь и снижению приведенных затрат на их эксплуатацию.

Современный рынок теплоизоляционных материалов предлагает широкий спектр решений, однако среди всего многообразия продукции особо выделяются отечественные разработки, успевшие зарекомендовать себя в сегменте массовой жилой застройки. Автор исследования отмечает, что наиболее востребованными и часто применяемыми материалами являются IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ и ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ.

Автор аргументированно доказывает, что существующие подходы к определению теплотехнические характеристики ограждающих конструкций не обеспечивают достаточной точности при прогнозировании их фактического поведения в реальных условиях эксплуатации. Отмечается отсутствие исследований, посвященных влиянию влажности на теплофизические свойства теплоизоляционных материалов, такие как коэффициенты теплопроводности и влагопроводности. Это особенно важно, учитывая, что влажность оказывает существенное воздействие на теплозащитные свойства материалов и долговечность конструкций. В связи с этим, особую актуальность приобретает разработка и совершенствование методик и программных инструментов, предназначенных для имитационного моделирования процессов тепло- и влагопереноса в многослойных ограждающих конструкциях, широко применяемых в жилых зданиях массовой застройки. Необходимость таких инструментов обусловлена сложностью физических процессов, протекающих в многослойных конструкциях, и их зависимостью от множества факторов, включая климатические условия, конструктивные особенности и свойства материалов.

Выявлено, что основным направлением повышения эффективности систем отопления жилых зданий массовой застройки является разработка рекомендаций по рациональному использованию типовых теплоизоляционных материалов для внешних ограждающих конструкций.

Соискателем отмечено, что совершенствование методов определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций позволяет повысить точность анализа энергоэффективности и оценки экономической целесообразности.

Второй раздел «Разработка математической модели тепловлагопереноса в четырехслойной ограждающей конструкции» посвящен разработке математической модели тепловлагопереноса в четырехслойной ограждающей конструкции для расчета тепловых потерь систем отопления с учетом изменения влажности материалов в процессе эксплуатации. В основе теоретических исследований лежат классические уравнения теплопроводности, конвективного теплообмена, влагопроводности и диффузии водяного пара.

Представленная модель учитывает взаимодействие между слоями, включающими внутреннюю штукатурку, основной стеновой материал, теплоизоляцию и наружную облицовку. На внутренней и внешней стенках ограждающей конструкции для температуры поставлены граничные условия третьего рода, в остальных случаях – первого рода. Автором коэффициенты теплопроводности и влагопроводности теплоизоляционных материалов рассматриваются как функции сорбционной влажности, изменяющейся в процессе эксплуатации.

Разработанная соискателем математическая модель позволяет более точно прогнозировать тепловые потери систем отопления, учитывая изменения влажности в теплоизоляционном слое. Это, в свою очередь, дает возможность оптимизировать выбор утеплителя, конструктивные решения для обеспечения максимальной энергоэффективности здания.

Третий раздел «Экспериментальные исследования» посвящен разработке экспериментального стенда для проведения исследований коэффициентов теплопроводности и влагопроводности типовых теплоизоляционных материалов IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ, ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ отечественных производителей в условиях переменной влажности. Предложена методика проведения экспериментов и обработки опытных данных. При этом были решены следующие задачи: подбор экспериментальных установок; выбор контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры; непосредственное проведение экспериментов, оценка погрешности измерений, обработка экспериментальных данных; проверка адекватности аппроксимационных зависимостей для расчета аэродинамических характеристик.

Оценка адекватности аппроксимационных зависимостей для коэффициентов теплопроводности и влагопроводности от сорбционной влажности проводилась по критерию Фишера. Значения экспериментального критерия Фишера не превышали табличного при доверительной вероятности 0,95, что позволило считать полученные характеристики и зависимости адекватными.

В четвертом разделе «Моделирование теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции» приведена методика моделирования теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции жилых зданий массовой застройки с учетом изменения влажности в процессе эксплуатации. В основе предложенной методики лежит математическая модель тепловлагопереноса в ограждающей конструкции с учетом экспериментально установленного влияния влажности на теплофизические свойства теплоизоляционных материалов.

Представленная автором методика моделирования реализована с помощью пакета программ COMSOL Multiphysics 6.2, где построена имитационная модель теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции. Имитационная модель позволяет повысить точность прогнозирования тепловых потерь систем отопления жилых зданий массовой застройки для условий эксплуатации г. Луганска.

Для верификации точности разработанной методики определения теплотехнических характеристик были использованы данные, полученные в результате тепловизионного обследования наружных ограждающих конструкций эксплуатируемых жилых зданий, расположенных в г. Луганске. Результаты тепловизионного обследования, проведенного на утепленных ограждающих конструкциях эксплуатируемых зданий, продемонстрировали высокую степень соответствия с результатами расчетов, выполненных с использованием предложенной автором методики. Расхождение между расчетными и фактическими данными не превышало 2,6 %, что свидетельствует о высокой точности и достоверности разработанного подхода к оценке тепловых потерь. Это подтверждает практическую применимость предложенной методики для оценки теплотехнического состояния зданий и оптимизации систем отопления с целью повышения их эффективности.

Пятый раздел диссертационной работы «Повышение эффективности систем отопления жилых зданий массовой застройки в условиях эксплуатации г. Луганска» посвящен повышению эффективности систем отопления с точки зрения энергоэффективности и экономической целесообразности использования теплоизоляционных материалов для жилых зданий массовой застройки в условиях эксплуатации г. Луганска.

Выполнен анализ экономической энергоэффективности применения типовых теплоизоляционных материалов ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ, ТЕХНОФАС ПРОФ, IZOVOL для жилых зданий массовой застройки в условиях эксплуатации г. Луганска. Оценка проведена по критерию В.Г. Гагарина, П.П. Пастушкова. Сискателем показано, что наибольшей энергоэффективностью обладает утеплитель ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ.

Автором проведен анализ экономической целесообразности использования типовых теплоизоляционных материалов на основе оценки доли приведенных затрат, обусловленных тепловыми потерями за весь отопительный период и капитальными затратами на приобретение утеплителя. При расчётах годовых эксплуатационных затрат, обусловленными тепловыми потерями, использованная разработанная имитационная модель, с помощью которой выполнена оценка тепловых потоков для каждого месяца отопительного периода через четырехслойные кирпичные и панельные ограждающие конструкции с типовыми теплоизоляционными материалами. Реальные тепловые потери через ограждающие конструкции с учетом изменения влажности в условиях эксплуатации г. Луганска существенно отличаются от результатов, полученных для нормативных условий эксплуатации, в зависимости от вида применяемого утеплителя и месяца отопительного периода. Применение полученных рекомендаций обеспечивает снижение приведенных затрат систем отопления жилых зданий массовой застройки до 4,9 % для зданий с кирпичными стенами и до 3,8 % для панельных зданий в условиях эксплуатации г. Луганска.

В заключении изложены основные результаты и выводы проведенного диссертационного исследования в соответствии с поставленной целью и задачами исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достижение поставленной цели и выполнение сформулированных задач проведено на основе системного подхода к теоретическим и экспериментальным исследованиям. В работе использованы методы математического и компьютерного моделирования, методы теории вероятности и математической статистики, методы экспериментальных исследований на лабораторном стенде.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Корректное использование математического аппарата, значительный объем опытных данных, полученных в приближенных к реальным условиям работы оборудования, применение современных способов измерения и методов экспериментальных исследований, сопоставление теоретических и экспериментальных данных убедительно подтверждают достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

1. Разработана математическая модель тепловлагопереноса в четырехслойной ограждающей конструкции с учетом изменения влажности в процессе эксплуатации, обеспечивающая повышение точности прогнозирования тепловых потерь систем отопления.

2. На основе экспериментальных исследований получены аналитические выражения для коэффициентов теплопроводности и влагопроводности типовых теплоизоляционных материалов в зависимости от сорбционной влажности, что позволило усовершенствовать методы определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций.

3. Предложена методика моделирования теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции с учетом изменения влажности в процессе эксплуатации, позволяющая анализировать энергоэффективность и экономическую целесообразность применения теплоизоляционных материалов.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

1. Разработана имитационная модель теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции в пакете программ COMSOL Multiphysics 6.2 для прогнозирования тепловых потерь систем отопления.

2. Проведены исследования теплотехнических характеристик и тепловых потерь четырехслойной ограждающей конструкции для типовых теплоизоляционных материалов IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ, ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ на примере жилых зданий массовой застройки г. Луганска.

3. Выполнен анализ энергоэффективности и экономической целесообразности применения типовых теплоизоляционных материалов для жилых зданий массовой застройки, что позволило разработать рекомендации по

повышению эффективности систем отопления в условиях эксплуатации г. Луганска.

Основные результаты диссертации рекомендованы к рассмотрению Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства ЛНР, использованы и внедрены на предприятиях Луганской Народной Республики при модернизации систем инженерного оборудования производственных участков и помещений, а также в учебном процессе.

Редакционный анализ

Диссертация написана доступным для понимания техническим языком. Стиль изложения четкий, логичный и последовательный. Оформление работы отвечает требованиям ВАК при Минобрнауки России.

Публикации соискателя в полной мере отражают основные результаты и выводы диссертационной работы. Требования ВАК к публикациям материалов диссертации целиком соблюдены.

Содержание автореферата в полной мере отражает основные положения диссертации. Между текстами автореферата и диссертации нет несоответствия.

По работе имеются следующие замечания:

1. В обзорной части диссертационной работы целесообразно было бы представить основные теплотехнические характеристики базовых материалов ограждающих конструкций (кирпич, керамзитобетон) жилых зданий массовой застройки.

2. В первом разделе диссертации не полно раскрыт вопрос определения коэффициентов теплопроводности, влагопроводности и паропроницаемости при исследовании процессов тепловлагопереноса.

3. При разработке математической модели тепловлагопереноса в части диффузии водяного пара не рассмотрен вопрос определения коэффициента паропроницаемости.

4. При проверке адекватности полученных аппроксимационных зависимостей следовало бы детализировать оценку экспериментального значения числа Фишера.

5. Не представлен анализ погрешности тепловизионного оборудования.

6. В 4-й главе следовало бы детализировать процедуру задания исходных данных при моделировании теплотехнических характеристик ограждающих конструкций в программном комплексе COMSOL Multiphysics.

7. Интересным было бы сопоставление результатов оценки экономической целесообразности применение типовых теплоизоляционных материалов для различных регионов исходя из стоимости 1 Гкал тепла.

Указанные замечания не вызывают сомнения в достоверности, научном значении и возможности практического использования результатов проведенных автором исследований.

Заключение по диссертации

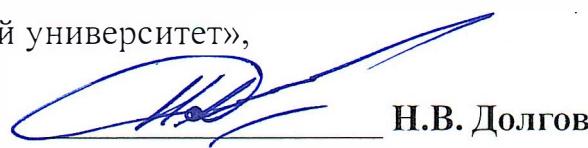
Диссертация Малыгиной Оксаны Александровны является завершенным научным исследованием, в котором решена актуальная научно-практическая задача повышения эффективности систем отопления зданий совершенствованием методов определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Выполненная диссертационная работа обладает внутренним единством, свидетельствует о личном вкладе автора в науку и соответствует современному мировому научному уровню в данной области исследований. Данная работа соответствует паспорту научной специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Считаю, что диссертация Малыгиной Оксаны Александровны «Повышение эффективности систем отопления совершенствованием методов определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций», отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 г. № 1382), а ее автор **Малыгина Оксана Александровна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Настоящим я, Долгов Николай Викторович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент,
Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры
– филиал ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
доцент кафедры теплотехники,
теплогазоснабжения и вентиляции



Н.В. Долгов

18.11.2025

Донецкая Народная Республика, 286123, г.о. Макеевка, г. Макеевка,
ул. Державина, д. 2,
тел. +7 (856) 343-70-33
E-mail: n.v.dolgov@domasa.ru

Подпись канд. техн. наук, доцента Долгова Н.В. заверяю
Учёный секретарь Ученого совета
ДОННАСА – филиал НИУ МГСУ



М.Ю. Гутарова