

ОТЗЫВ

официального оппонента

Щукиной Татьяны Васильевны,

кандидата технических наук, доцента кафедры жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
на диссертационную работу Чулкова Александра Анатольевича «Повышение энергетической эффективности зданий, эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (отрасль науки – технические)

Актуальность темы диссертационного исследования

Одним из приоритетных направлений технологического развития Российской Федерации является повышение энергетической эффективности, как производственных процессов, так и зданий различного назначения. Стимулирующие программы, поддерживаемые федеральными и региональными нормативными актами, направлены, прежде всего, на снижение относительной энергоемкости, что позитивно влияет на конкурентоспособность и развитие экономики в целом.

Значительного сокращения потребления обозначенных ресурсов можно добиться при проектировании зданий с высокоэффективной тепловой защитой наружных ограждений и автоматизированными системами жизнеобеспечения. Первый способ энергосбережения позволяет достичь высоких показателей в этом направлении при незначительных дополнительных затратах по отношению к капитальным вложениям на строительство. Второй способ существенно превосходит в денежном выражении, так как дорогое автоматизированное оборудование часто требует расходов на проведение профилактических и ремонтных работ, связанных с заменой вышедших из строя регулирующих устройств.

Применение тепловой защиты для наружных ограждений, в соответствии с первым способом повышения энергоэффективности, предполагает конструирование многослоевых массивов с обязательной проверкой по нормативным показателям сопротивления теплопередачи для климатической зоны строительства. При выполнении всех условий сводов правил проектирования теоретически достигаются требуемые характеристики наружных ограждений. Однако, как показывает практика дальнейшей эксплуатации, возникают ситуации, когда фиксируются отклонения от расчетных показателей и, как следствие, не соответствие сооружения присвоенному высокому классу энергоэффективности. Такое положение может быть обусловлено рядом причин, одной из которых является учет только стационарного теплового режима наружных ограждений, в приближении описывающего реальные процессы теплопередачи. Кроме того, экс-

плутационная влага, накапливаемая строительными материалами, может в зависимости от ее сорбируемого количества существенно увеличить теплопроводность слоев наружного ограждения. Поэтому, не смотря на проведенные ранее и выполняемые достаточно обширные исследования в области строительной теплофизики, возникающие проблемы при эксплуатации зданий стимулируют дальнейшее изучение причин и поиска способов их устранения.

В связи с этим диссертационная работа Чулкова Александра Анатольевича посвящена актуальной теме - повышению энергетической эффективности зданий, эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы доказывается глубоким изучением и систематизацией трудов российских и зарубежных ученых в области строительной теплофизики ограждающих частей зданий различного назначения. На основе анализа современного состояния моделирования тепловлажностных режимов в строительных конструкциях, автором сделан вывод, что существующие методы проектирования обладают достаточным количеством допустимых ограничений, снижающих точность расчетов. В совокупности с другими отклонениями, в том числе возникаемыми и при проведении строительного-монтажных работ, в отдельных случаях при последующей эксплуатации могут фиксироваться недопустимые изменения показателей энергоэффективности.

В связи с этим автором выполнено математическое моделирование тепловых режимов многослойных наружных ограждений на основе нестационарного уравнения теплопроводности при учете изменения температуры наружного и внутреннего воздуха. На основе моделирования выявлены функциональные зависимости для возникаемого в ограждающих конструкциях температурного поля, а так же для определения требуемых периодов прогревания при применении экранной изоляции, величину времени которых необходимо оценить при периодической работе систем отопления и возможных, в том числе и аварийных, переборах в поставках тепловой энергии. Получено уравнение для расчета максимально допустимого значения толщины теплоизоляционного материала в наружном ограждении с учетом переменного теплового режима, соответствующего реальным условиям эксплуатации.

Установлена взаимосвязывающая функция между временем нагрева многослойных ограждений и требуемыми для этой цели энергозатратами. Получено аналитическое уравнение влияния толщины воздушной прослойки на энергозатраты при поддержании нормируемого микроклимата.

На основе решения нестационарной задачи теплопередачи установлена зависимость, позволяющая определять период нагрева отопительных приборов, что представляет научно-практический интерес, как при периодической эксплуатации систем обеспечения микроклимата, так и при вероятных аварийных

ситуациях. Проведена оценка требуемого времени для нагревания радиаторов, выполненных из различных материалов, как по результатам теоретического, так и экспериментального исследования, что создает возможность технически обоснованного выбора модели для предполагаемых условий эксплуатации.

Для повышения надежности теплоснабжения зданий и сооружений, а также их энергоэффективности предложена конструкция тепловой изоляции трубопроводов на основе пенополиуретановых материалов. Новизна предлагаемых технических решений подтверждена патентом РФ на полезную модель.

Соискателем А.А. Чулковым предложена и апробирована методика проектирования наружных ограждений и элементов систем отопления с учетом нестационарных тепловых режимов, что позволяет получить достоверные результаты расчетов, соответствующие реальным условиям эксплуатации.

Научные положения, выводы и результаты исследований опубликованы в 17 научных работах, в том числе – 7 статей в рецензируемых научных изданиях по списку ВАК. Доклады по теме диссертационной работы обсуждались на региональных, всероссийских и международных научных конференциях, форумах, совещаниях и конкурсах.

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

Основная научная идея диссертации заключается в повышении энергоэффективности зданий при использовании разработанных инженерных методов теплотехнического расчета ограждающих конструкций, отопительных приборов, тепловой изоляции трубопроводов, учитывающих нестационарный тепловой режим эксплуатации.

В качестве новых научных результатов отмечаются следующие положения.

1. На базе выполненного математического моделирования процесса нестационарной теплопередачи наружных ограждений получены аналитические зависимости, обладающие достаточной точностью для инженерных расчетов и определяющие энергозатраты и времена, необходимое для нагрева строительных конструкций в условиях периодического функционирования систем отопления. Экспериментальные исследования однослойной стенки, показали высокую степень достоверности результатов математического моделирования.
2. Обосновано применение экранной тепловой изоляции с воздушной прослойкой в наружных ограждениях, как эффективного решения, снижающего теплотепотери, и установлена аналитическая зависимость между энергозатратами на нагрев строительных конструкций и толщиной воздушной прослойки. Сокращение потребления ресурсов при использовании таких решений может достигать 39 %. Исходя из значений требуемого времени нагрева наружных ограждений, получены аналитические зависимости для определения максимально допустимых толщин при однослойной конструкции и теплоизоляции

в двухслойных наружных стенах, предполагающих последующий монтаж вентфасада или сайдинга.

3. Теоретические и экспериментальные исследования процессов нестационарной теплопередачи от отопительных приборов позволили получить аналитическое уравнение, определяющее безразмерную температуру на поверхности радиаторов в зависимости от времени их нагревания. На основе экспериментальных данных предложен поправочный коэффициент, используемый в расчетах времени его нагрева и учитывающий влияние материала, а так же конструктивные особенности отопительных приборов.
4. Разработана эффективная конструкция тепловой изоляции для трубопроводов систем теплоснабжения с применением экранированных пенополиуретановых скорлуп, включающих воздушные прослойки, которая снижает расход используемого для изготовления материала на 35 %. Проведенные теоретические исследования процесса остывания изолированного трубопровода при нарушении циркуляции воды доказали, что при увеличении толщины воздушной прослойки время остывания теплоносителя достигает значений, достаточных для устранения аварийных ситуаций.
5. Выполнена оценка энергосберегающего эффекта при прерывистой схеме функционирования систем отопления для поселка коттеджного типа, здания которого эксплуатируются в основном в выходные дни. При использовании дежурного отопления в рабочие дни потребление тепловой энергии снижается на 32,5 %.
6. Разработанная методика определения энергозатрат, времени нагрева ограждающих конструкций, а так же расчета динамических характеристик отопительных приборов рекомендуются для проектирования зданий, эксплуатируемых в условиях переменной отопительной нагрузки. Полученные в результате исследований данные необходимо учитывать при проектировании систем отопления зданий и сооружений, эксплуатируемых в условиях прерывистого функционирования систем отопления.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы гарантирована достаточной их обоснованностью, корректностью сделанных допущений, применением апробированных математических моделей, лицензионных программных продуктов, сертифицированного и поверенного измерительного оборудования, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а так же с результатами других исследователей.

Основным аргументом при обосновании достоверности результатов исследований А.А. Чулкова является их практическое использование при проектировании и конструировании наружных ограждений и элементов систем отопления с учетом периодической эксплуатации зданий.

Значимость результатов, полученных в диссертации

Научная значимость результатов связана с решением актуальной пробле-

мы повышение энергоэффективности зданий на основе совершенствования методов проектирования и расчетов наружных ограждений, тепловой изоляции и элементов систем отопления. Несомненная ценность рассматриваемой работы заключается в развитии научной базы в области мало затратных технологий сокращения потребления энергоресурсов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили автору выполнить математическое моделирование с высокой степенью достоверности для нестационарных процессов теплопередачи через наружные ограждения, отопительные приборы при периодическом функционировании систем обеспечения микроклимата. На базе численных и экспериментальных данных получены аналитические зависимости для инженерных расчетов, отличающиеся от известных аналогов нестационарным протеканием тепловых процессов и позволяющие определять для условий, наиболее соответствующих реальной эксплуатации зданий, такие параметры, как требуемая максимальная толщина теплоизоляционного слоя, необходимые время и энергозатраты на процесс нагревания наружных ограждений, период выхода отопительных приборов на стационарный температурный режим, время остывания теплоносителя в трубопроводах при возникновении аварийных ситуаций. Обоснованы выполненным математическим моделированием возможные тепловые режимы в наружных ограждениях при применении воздушных прослоек с экранной изоляцией и различных отопительных приборов для реальных условий эксплуатации с переменным режимом.

Разработаны с использованием результатов численных и экспериментальных исследований инженерные методы расчета потребления тепловой энергии при прерывистых схемах функционирования отопления зданий, а так же динамических характеристик ограждающих конструкций и отопительных приборов.

Достоинством научного труда является большой объем выполненных численных и экспериментальных исследований, в результате которых установлены закономерности протекания тепловых процессов в строительных конструкциях, тепловой изоляции и элементах систем отопления.

Новаторские идеи и научный вклад автора в методику проектирования наружных ограждений и систем отопления при периодической эксплуатации последних позволяют повысить энергоэффективность зданий и сооружений. Инновационный подход в теплотехнических расчетах строительных конструкций и элементов систем отопления апробированы ООО «АСК ТЕХНОСТРОЙ» при проектировании жилых зданий в разных климатических зонах. Предложенная тепловая изоляция трубопроводов использована ООО НПФ «ПОИСК» при реконструкции теплотрасс на производственных площадках ОАО «Роснефть». Расчетный годовой экономический эффект за отопительный сезон от внедрения энергосберегающих технических решений для поселка коттеджного типа, состоящего из 40 домов, составил более 254 тыс. рублей в ценах 2019 года.

Таким образом, полученные результаты имеют практическую значимость для проектных и эксплуатирующих организаций, так как их использование при

проектировании, конструировании и эксплуатации наружных ограждений и систем отопления, сокращает потребление традиционных ресурсов и повышает энергоэффективность зданий и сооружений.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 163 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и семи приложений. Список использованной литературы включает 97 источников, иллюстрационный материал содержит 76 рисунков, в тексте имеется 31 таблица.

Структура работы согласуется с целями и задачами диссертационного исследования.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформированы ее цель и основные задачи, научная новизна и практическая значимость, приведены сведения об апробации работы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен комплексный анализ современного состояния в области исследования процессов нестационарной теплопередачи в наружных ограждениях зданий, отопительных приборах и тепловой изоляции трубопроводов.

Во второй главе подробно изложены формулировка задач математического моделирования и последовательность их решения, а также результаты экспериментального исследования процесса нестационарной теплопередачи через ограждающие конструкции в условиях переменного теплового режима, характерного для периодической эксплуатации зданий.

В третьей главе представлено теоретическое и экспериментальное исследование процесса нестационарной теплопередачи, протекающего в отопительных приборах и влияние конструктивного исполнения на динамические характеристики при прерывистой схеме функционирования систем жизнеобеспечения зданий.

В четвертой главе изложено исследование тепловых процессов в изолированных трубопроводах систем теплоснабжения зданий с рассмотрением нескольких вариантов защитных скорлуп из пенополиуретана и с использованием экранирования, подтвердившее приоритетность инновационной конструкции.

В пятой главе рассмотрены вопросы оптимального выбора толщины теплоизоляционного материала для наружных ограждений, а также технико-экономическое обоснование функционирования систем отопления в переменном режиме.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертации, которые логично обобщают проведенные автором теоретические и экспериментальные исследования.

В приложении представлены патент РФ полезную модель, результаты численных и экспериментальных исследований, документы, подтверждающие практическое использование полученных в работе результатов. В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и используемые материалы.

Замечания по диссертационной работе

1. Численное исследование тепловых режимов в наружных ограждениях предполагает расчет с более широким диапазоном толщины воздушной прослойки, что позволяет технически обосновать необходимый выбор при конструировании.
2. Для обобщенных расчетов времени нагрева отопительных приборов следует учитывать поправочные коэффициенты на схему движения теплоносителя и тип установки по отношению к строительным конструкциям.
3. Для практического применения достигнутых результатов целесообразно составить пошаговый алгоритм принятия инженерных решений, исходя из реальных условий эксплуатации при прерывистой схеме функционирования систем отопления.
4. Следовало выполнить оценку экологической эффективности объектов строительства посредством расчетов сэкономленного топлива в условных единицах и не выброшенных в атмосферный воздух продуктов сгорания при прерывистой схеме функционирования систем отопления.
5. Отсутствует расшифровка некоторых параметров и индексов, что затрудняет прочтение ограниченного числа формул.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и важности полученных в ней научно-практических результатов, и могут служить рекомендациями к дальнейшим исследованиям.

Диссертация написана грамотным техническим языком, имеет четкую логическую структуру. Автореферат полностью отражает основные научные положения, результаты и выводы диссертационного исследования.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК

Диссертация Чулкова А.А. на тему «Повышение энергетической эффективности зданий эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» в том числе:

- пункт 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Диссертация содержит рекомендации по использованию научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;
- пункт 11 – основные научные результаты диссертации опубликованы автором в 7 работах в научных изданиях, входящих в действующий Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Мини-

стерства науки и высшего образования РФ для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание научной степени кандидата наук;
- пункт 14 – в диссертации соискатель надлежащим образом ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Диссертация Чулкова А.А., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалифицированной работой, в которой содержатся научно-обоснованные решения актуальных задач, имеющих значения для развития теории и практики конструирования, проектирования и эксплуатации наружных ограждений и элементов систем отопления зданий, функционирующих в переменном тепловом режиме.

Диссертация Чулкова Александра Анатольевича отвечает критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Официальный оппонент, кандидат технических наук по специальности 05.23.03 - «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Щукина Татьяна Васильевна

Адрес: 394006, Россия, г. Воронеж,
ул. 20-летия Октября, д. 84
Тел.: 8(437)271-28-92, +7(903)859-15-73

E-mail: schukina.niki@yandex.ru

Сайт: <http://www.cchgeu.ru/>

Подпись доцента, к.т.н. Т.В. Щукиной **заверяю**

Проректор по научной работе ВГТУ



Д.А. Коновалов