

ОТЗЫВ

официального оппонента **Васильева Григория Петровича**,
доктора технических наук, научного руководителя ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»,
на диссертационную работу кандидата технических наук, доцента
Корниенко Сергея Валерьевича «Повышение энергоэффективности зданий за счет
совершенствования методов расчета температурно-влажностного режима ограждающих
конструкций», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение

Актуальность темы диссертации

Энергоэффективность и энергосбережение являются важным условием развития всей российской экономики и конкурентоспособности в современном мире. Указом Президента в 2008 году была поставлена цель снизить к 2020 году энергоемкость валового внутреннего продукта на 40% от уровня 2007 года. Решение этой целевой задачи, отраженной в Федеральном законе от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», приказах Минстроя РФ от 06.06.2016 № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», от 17.11.2017 № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», требует применения прорывных энергосберегающих технологий в строительстве и архитектуре.

С проблемой энергосбережения непосредственно связаны вопросы защиты от влаги в зданиях. Большой интерес исследований к температурно-влажностному режиму наружных ограждающих конструкций объясняется его непосредственным влиянием на микроклимат помещений, теплозащитные свойства, надежность и экологическую безопасность зданий. Выбор рационального конструктивного решения тесно связан с проблемой исследования процессов тепломассообмена, прогноза температурно-влажностного режима ограждающих конструкций, совершенствования методов теплотехнического проектирования зданий.

Теплотехническое проектирование оболочки здания имеет свою специфику. В наружных стенах расположены большие оконные проемы. На большей части поверхности стены со стороны помещения примыкают междуэтажные перекрытия и перегородки. Конструкции наружных стен обычно имеют бетонные ребра и обрамления, которые создают в толще теплоизоляционного слоя теплопроводные включения. Иными словами, по площади наружной стены оболочки практически нельзя выделить участки, в пределах которых передачу теплоты и влаги можно было бы считать проходящей по одномерной схеме. Наличие указанных конструктивных особенностей («краевых зон») приводит к формированию в наружных ограждениях сложных двух- и трехмерных температурных и влажностных полей. В результате нарушается равномерность распределения температуры на внутренней поверхности ограждений, существенно снижается теплотехническая однородность конструкций, возрастают трансмиссионные тепловые потери. Локализация

влаги на этих участках выше допустимых значений приводит к ухудшению влажностного режима, снижая теплозащиту и срок эксплуатации всего здания.

Отсутствие современных методов расчета температурно-влажностного режима в трехмерных областях ограждающих конструкций, удобных для практического применения, затрудняет оценку влияния краевых зон на микроклимат помещений, теплозащиту и энергоэффективность зданий, замедляет внедрение эффективных конструктивных решений. Этим определяется актуальность проблемы повышения теплозащиты и энергоэффективности зданий в условиях отсутствия научно-методического аппарата по формированию требований к ограждающим конструкциям с учетом особенностей температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждений. Поэтому актуальность темы диссертации Корниенко С.В., посвященной разработке научных основ повышения энергетической эффективности зданий за счет совершенствования методов расчета температурно-влажностного режима с учетом процессов тепловлагопереноса в краевых зонах ограждающих конструкций, не вызывает никаких сомнений.

Содержание диссертации

Общий объем диссертационной работы составляет 380 страниц. Основной текст изложен на 316 страницах, в том числе 97 иллюстраций и 45 таблиц.

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, приложений и библиографического списка (420 источников).

Во *введении* обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, определены методы исследования, приведены основные положения, защищаемые диссертантом, подтверждены степень достоверности и обоснованность научных положений, выводов и результатов, сформулированы научная новизна и практическая ценность работы, показан личный вклад автора. Содержатся сведения о реализации и апробации результатов работы.

Первая глава содержит обзор методов оценки энергоэффективности зданий, анализ математических моделей и методов расчета процесса тепловлагопереноса в ограждающих конструкциях. Отмечается значительный вклад в решение этой проблемы ведущих российских научных школ, а также зарубежных специалистов. На основании выполненного диссертантом обзора методов оценки энергоэффективности зданий и анализа математических моделей и методов расчета тепловлагопереноса в ограждающих конструкциях обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования.

Во *второй главе* приведены результаты разработки теоретических основ состояния влаги в строительных материалах ограждающих конструкций на основе потенциала влажности.

Третья глава содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований характеристик влагопереноса в строительных материалах ограждающих конструкций на основе потенциала влажности.

Разработанные в диссертации теоретические основы состояния и переноса влаги в капиллярно-пористых материалах являются основанием для построения методов расчета тепловлажностного режима ограждающих конструкций.

В *четвертой главе* разработаны методы инженерной оценки температурно-влажностного режима многослойных ограждающих конструкций в широком диапазоне влажности при стационарных граничных условиях на основе теории потенциала влажности: расчет профиля влагосодержания, определение плоскости наибольшего увлажнения, расчет конструкции по предельно допустимому состоянию увлажнения. Методика определения плоскости наибольшего увлажнения реализована автором в компьютерной программе и позволяет найти наиболее опасное, с точки зрения влажностного режима, сечение конструкции.

В *пятой главе* разработан новый метод расчета температурно-влажностного режима для трехмерных областей наружных ограждений. Указанный метод включает в себя построение математической модели, численное решение задачи, алгоритм и компьютерную программу расчета трехмерных нестационарных температурных и влажностных полей.

Шестая глава содержит результаты верификации указанного метода расчета различными способами: на аналитическом решении и последовательности пространственных и временных сеток, на различных математических моделях влаготеплопереноса, на результатах натурных эксплуатационных исследований температурно-влажностного режима многоквартирных жилых зданий.

Седьмая глава содержит методику оценки теплозащитных свойств оболочки зданий с учетом краевых зон. Показано существенное влияние температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждений на теплозащитные свойства оболочки зданий. Даны практические рекомендации по проектированию ограждающих конструкций современных зданий с учетом температурно-влажностного режима.

Восьмая глава содержит методику расчета энергетических показателей зданий за отопительный период. Указанная методика реализована в компьютерной программе. Выполнена оценка энергоэффективности жилого здания по результатам энергоаудита. Намечены пути повышения энергоэффективности за счет снижения потерь теплоты через оболочку зданий.

В *заключении* сформулированы общие выводы по диссертации.

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

Подтверждаются:

значительным объемом многолетних натурных исследований параметров микроклимата помещений, температурно-влажностного режима и теплозащитных свойств ограждающих конструкций, результатами анализа теплоэнергетических показателей зданий, полученными диссертантом с применением высокоэффективного сертифицированного оборудования, обеспечивающего необходимую точность измерений;

обеспечением повторяемости полученных результатов экспериментальных наблюдений;

соответствием полученных диссертантом теоретических данных с экспериментальными данными;

верификацией разработанного в диссертации метода численного решения трехмерной задачи совместного нестационарного тепловлагодпереноса в ограждающих конструкциях различными способами;

согласованностью полученных в диссертации основных результатов исследований с данными других авторов.

Новизна научных положений диссертации

Состоит в том, что:

1) Установлена научно обоснованная связь между известными шкалами потенциала влажности применительно к материалам оболочки здания, что способствует дальнейшему развитию теории потенциала влажности и получению новых результатов по теме диссертации.

2) Разработана новая энергетическая шкала абсолютного потенциала влажности, определяющая влажностное состояние материалов в неизотермических условиях, то есть при градиенте температуры, в широком диапазоне влажности, включая сверхсорбционное увлажнение материалов.

3) Предложена экспресс-методика экспериментального определения характеристик переноса влаги, таких как коэффициенты потенциалопроводности, влагодпроводности и влагодобмена, путем сушки разрезных образцов влажных материалов от полного водонасыщения, позволяющая более точно определить из одного опыта все искомые характеристики влагодпереноса.

4) Разработаны научно обоснованные методы инженерной оценки температурно-влажностного режима многослойных ограждающих конструкций на основе шкалы абсолютного потенциала влажности при стационарных граничных условиях, достоинством которых является возможность оценки в широком диапазоне влажности, с количественной оценкой степени переувлажнения материалов, а также применимость к расчету ограждений с мультizonальной конденсацией влаги.

5) Разработан новый метод расчета температурно-влажностного режима в трехмерных областях ограждающих конструкций на основе нелинейной математической модели совместного нестационарного тепловлагодпереноса с применением шкалы абсолютного неизотермического потенциала влажности, позволяющей выполнить всесторонний прогноз тепловлажностного состояния в локальных теплотехнически неоднородных участках наружных ограждений.

6) Раскрыты сложные механизмы локализации теплоты и влаги в многомерных элементах ограждений, физически обусловленные неоднородностью конструкции и нелинейностью процесса тепловлагодпереноса, приводящие к ухудшению параметров микроклимата помещений, температурно-влажностного режима и теплозащитных свойств ограждений.

7) Предложены методики расчета теплозащитных и энергетических характеристик здания за отопительный период с учетом температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций.

8) На основе применения разработанных в диссертации методов доказано, что снижение тепловых потерь в краевых зонах ограждений имеет высокий потенциал энергосбережения.

Практическая ценность диссертации

Результаты, полученные в диссертации, внедрены в:

программно-вычислительный комплекс «Энергоэффективность и тепловая защита зданий» (ЭНТЕЗА), разработанный диссертантом с целью повышения качества теплотехнического проектирования зданий, строений, сооружений и оценки их энергоэффективности;

РМД 51–25–2015 «Санкт-Петербург. Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации фасадных систем для нового строительства, реконструкции и ремонта жилых и общественных зданий в Санкт-Петербурге»;

СТО 03984362.574100.056–2015, СТО 73090654.001–2015 «Оценка влажностного режима ограждающих конструкций в годовом цикле».

Определены области перспективного практического использования результатов диссертации применительно к ограждающим конструкциям с повышенным уровнем теплозащиты. Создана система практических рекомендаций по повышению уровня тепловой защиты и энергоэффективности зданий с учетом особенностей температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждений помещений для учебных, проектных и производственных организаций. Представлен научно-методический аппарат по формированию требований к ограждающим конструкциям с учетом особенностей температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждений, результаты апробации и внедрения которого позволяют рекомендовать его для использования в практике работы организаций и предприятий, занимающихся теоретическими и прикладными исследованиями в области тепловой защиты зданий, а также при подготовке специалистов по направлению «Строительство и архитектура».

Личный вклад соискателя

Состоит в его определяющем участии на всех этапах работы, включая постановку и обоснование цели и задач исследования, формулировку теоретических положений и разработку практически значимых методов расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций и оценки теплозащитных, влагозащитных и энергетических характеристик здания. Все методы расчета реализованы в разработанных диссертантом компьютерных программах, имеющих свидетельства о государственной регистрации.

Для верификации разработанных в диссертации методов автором выполнены многолетние натурные (эксплуатационные) исследования зданий с применением современных методов неразрушающего контроля.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на автора и (или) источник заимствования. Личный вклад соискателя подтверждается многочисленными публикациями с 2000 года по настоящее время, выполненных преимущественно без соавторов.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Область исследования диссертации соответствует п. 5 «Тепловой, воздушный и влажностный режимы зданий различного назначения, тепломассообмен в ограждениях и разработка методов расчета энергосбережения в зданиях» паспорта специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Соответствие диссертации паспорту специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» обусловлено тем, что процессы тепломассообмена в ограждающих конструкциях, обеспечивающих защиту от внешних неблагоприятных климатических воздействий, непосредственно влияют на температурно-влажностный режим в помещениях зданий, распределяя температуру и влажность на внутренней поверхности ограждений, и создают вместе с инженерными системами надлежащий микроклимат помещений.

Характеристика публикаций и апробация результатов диссертации, публикационная активность соискателя

Основное содержание диссертации опубликовано в 153 печатных работах, в том числе 75 работ в рецензируемых научных журналах и изданиях из текущего перечня ВАК РФ, 7 работ в изданиях, включенных в международные базы научного цитирования Web of Science и SCOPUS. Результаты диссертации опубликованы в профильных российских журналах «Строительные материалы» (Москва), «Жилищное строительство» (Москва), «Инженерно-строительный журнал» (СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург), рекомендованные ВАК РФ для публикации результатов докторских диссертаций. Указанные результаты также отражены и в зарубежных публикациях. Материалы диссертации опубликованы в 4 монографиях. Соискателем получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Следует обратить внимание на высокую публикационную активность диссертанта. Работы Корниенко С.В. хорошо известны специалистам в области архитектуры и строительных наук. Результаты диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на академических чтениях НИИСФ РААСН, посвященных памяти академика РААСН Осипова Г.Л., международных конгрессах «Энергоэффективность. XXI век. Инженерные методы снижения энергопотребления зданий», международных конференциях НИУ МГСУ «Строительная физика. Системы обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях» и др., что отражено в трудах конференций.

Научная деятельность соискателя сопровождается высокой публикационной активностью и высокими показателями цитируемости (общее число цитирований – 634, индекс Хирша: по всем публикациям – 16, по ядру РИНЦ – 8, по SCOPUS – 5).

Характеристика автореферата диссертации

Автореферат раскрывает основное содержание диссертационной работы. В нем дана общая характеристика работы, приведены основные положения и результаты исследования, выносимые на защиту, изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, отражены научная новизна и практическая ценность результатов исследования. Работы Корниенко С.В. опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и изданиях. Научные положения, на новизну которых претендует диссертант, всесторонне отражены в его публикациях.

Автореферат и диссертация изложены ясным грамотным языком, имеют внутреннее единство и логическую связь. Диссертационная работа характеризуется смысловой законченностью и целостностью.

Замечания по диссертации

Вместе с тем, нельзя не отметить ряд выявленных замечаний по диссертационной работе.

1. Граничные условия четвертого рода обычно характеризуют условия теплообмена. В формуле (5.13) на с. 154 диссертации говорится о потоке влажности. Как это сочетается?

2. Чем физически обусловлена форма полей температуры и влагосодержания с двумя экстремумами на стыке различных материалов фрагмента рассматриваемой конструкции в январе, показанных на рис. 5.9, с. 184 диссертации?

3. При верификации предлагаемого метода расчета (п. 6.2 диссертации) было бы желательно сравнить полученные результаты с результатами расчета по методу последовательного увлажнения К.Ф. Фокина на основе градиентов парциального давления водяного пара в материалах и влагосодержания.

4. В п. 7.1 на с. 235 диссертации автором, на мой взгляд, использован не совсем удачный термин «зона влияния краевой зоны» (сразу два раза подряд идет слово «зона»).

5. В п. 8.1 на с. 263 диссертации удельный расход энергии на эксплуатацию здания отнесен к отопляемому объему здания, а не к отопляемому объему помещений. На защите хотелось бы услышать, каким образом влияет выбор отопляемого объема (здания, помещений) на величину удельного расхода энергии?

6. В диссертации автор всякий раз ограничивается примерами, иллюстрирующими возможность применения разработанных методов к проектированию вновь строящихся зданий. Возможно ли применение этих методов и компьютерных программ при оценке уровня тепловой защиты и энергоэффективности в процессе термореновации, а также при проведении энергоэффективного капитального ремонта зданий?

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее высокий уровень.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Корниенко С.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных

автором исследований решена крупная научная проблема повышения уровня тепловой защиты и энергетической эффективности зданий за счет разработки научно-методического аппарата по формированию требований к ограждающим конструкциям с учетом особенностей температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждений, имеющая важное хозяйственное значение. Диссертационная работа Корниенко С.В. соответствует требованиям п. п. 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (по состоянию на 01.10.2018), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Корниенко Сергей Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Официальный оппонент
доктор технических наук,

научный руководитель ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»



Васильев Григорий Петрович

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Васильев Григорий Петрович

Ученая степень: доктор технических наук

Специальность: 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

Организация: ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

Должность: научный руководитель

Почтовый адрес: 121309, Москва, ул. Филевская Б., д. 22 стр. 2

Телефон: +7(499)142-53-55

Факс: +7(499)144-01-75

E-mail: insolar-invest@mail.ru

Подпись Г.П. Васильева заверяю

*Начальник отдела кадров
Гришина А.А.
20.11.2018*

Согласие официального оппонента

Я, Васильев Григорий Петрович, согласен выступить в качестве официального оппонента на защите диссертации Корниенко Сергея Валерьевича на тему «Повышение энергоэффективности зданий за счет совершенствования методов расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций», представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

О себе сообщаю следующие сведения:

Ученая степень	доктор технических наук
Шифр и наименование научной специальности	05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение
Полное и сокращенное наименование организации – места работы	Открытое акционерное общество «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» (ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»)
Должность	научный руководитель
Почтовый адрес организации	121309, Москва, ул. Филёвская Б., д. 22 стр. 2
Телефон	+7(499) 142-53-55
Факс	+7(499)144-01-75
e-mail	insolar-invest@mail.ru
Список основных научных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<p>1) Vasilyev, G.P. Ground moisture phase transitions: accounting in the's design / G.P. Vasilyev, V.F. Gornov, N.V. Peskov, M.P. Popov, M.V. Kolesova, V.A. Yurchenko // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 6(74). – С. 102-117.</p> <p>2) Vasilyev, G.P. Analysis of ground temperature variations on the basis of years-long measurements / G.P. Vasilyev, V.F. Gornov, P.I. Konstantinov, M.V. Kolesova, I.A. Korneva // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 4(72). – С. 62-72.</p> <p>3) Vasilyev, G.P. Method of thermotechnical uniformity coefficient evaluation by analyzing thermograms / G.P. Vasilyev, V.A. Lichman, I.A. Yurchenko, M.V. Kolesova // Инженерно-строительный журнал. – 2016. – № 6(66). – С. 60-67.</p> <p>4) Vasilyev, G.P. Study of heat engineering homogeneity fragments of enclosing structures in the climatic chamber / G.P. Vasilyev, V.A. Leskov, V.F. Gornov, M.V. Kolesova, V.A.</p>

Lichman // MATEC Web of Conferences : International Conference on Mechanical Engineering and Electrical Systems, ICMES 2015. – 2016. – 05003.

5) Vasilyev, G.P. Modeling moisture condensation in humid air flow in the course of cooling and heat recovery / **G.P. Vasilyev**, V.A. Leskov, N.V. Mitrofanova, V.F. Gornov, N.A. Timofeev, Yu.A. Tabunshchikov, M.M. Brodach, G.V. Esaulov // Energy and Buildings. – 2016. – V. 112. – Pp. 93-100.

6) Vasilyev, G.P. Modeling of annual heat and moisture diffusion in a multilayer wall / **G.P. Vasilyev**, V.A. Lichman, N.V. Peskov // Lecture Notes in Computer Science. – 2015. – V. 9045. – Pp. 400-407 8.

7) Vasil'ev, G.P. Numerical modeling of heat and moisture diffusion in porous materials / **G.P. Vasil'ev**, V.A. Lichman, N.V. Peskov, N.L. Semendyaeva / Computational Mathematics and Modeling. – 2015. – V. 26. – No. 4. – Pp. 501-513.

8) Vasilyev, G.P. A method of assessing energy consumption of buildings during commissioning / **G.P. Vasilyev**, V.F. Gornov, V.A. Lichman, I.A. Yurchenko // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – V. 10. – No. 15. – Pp. 6509-6512.

9) Vasilyev, G.P. Estimation of the thermal effect of ground moisture condensation on heat transfer outside a geothermal borehole / **G.P. Vasilyev**, N.V. Peskov, M.M. Brodach, V.A. Lichman, V.F. Gornov, M.V. Kolesova, A.N. Dmitriev // Energy and Buildings. – 2014. – V. 82. – Pp. 795-798.

10) Vasilyev, G.P. Simulation of heat and moisture transfer in a multiplex structure / **G.P. Vasilyev**, V.A. Lichman, M.V. Kolesova, N.V. Peskov, M.M. Brodach, Y.A. Tabunshchikov // Energy and Buildings. – 2015. – V. 86. – Pp. 803-807.

11) Васильев, Г.П. Эффективный уровень теплозащиты зданий с учетом стоимости жизненного цикла / **Г.П. Васильев**, В.А. Личман // АВОК: Вентиляция, отопление,

кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2015. – № 6. – С. 54-63.

12) Васильев, Г.П. Методика инструментального определения энергопотребления вводимых в эксплуатацию зданий / **Г.П. Васильев**, В.А. Личман, Н.В. Песков // Жилищное строительство. – 2014. – № 12. – С. 32-36.

13) Vasilyev, G.P. Simulation of heat and moisture transfer in a multiplex structure / **G.P. Vasilyev**, V.A. Lichman, N.V. Peskov, M.M. Brodach, Y.A. Tabunshchikov, M.V. Kolesova // Energy and Buildings. – 2014. – V. 68. – Pp. 803-807.

14) Васильев, Г.П. Моделирование процесса сушки ограждающих конструкций зданий / **Г.П. Васильев**, В.А. Личман, Н.В. Песков // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 21-26.

Доктор технических наук,
научный руководитель
ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»



Васильев Григорий Петрович

Подпись Г.П. Васильева заверяю:
Генеральный директор
ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»



Майорова Н.И.

06.11.2018