

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Уварова Валерия Александровича на тему «Создание и поддержание микроклимата в православных храмах регулируемым воздухообменом», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Актуальность темы диссертационного исследования

Проблема формирования и стабилизации параметров внутреннего микроклимата в зданиях, представляющих историко-культурную ценность, в последние десятилетия становится всё более значимой в контексте не только сохранения архитектурного наследия, но и обеспечения санитарно-гигиенических условий для пребывания людей. Особенно остро эта проблема встает применительно к православным храмам, архитектура которых отличается сложностью объёмно-планировочных решений, значительной высотой, наличием купольных пространств, что делает задачу регулирования воздушной среды чрезвычайно нетривиальной.

В условиях постоянно меняющегося наружного климата, сезонных и суточных колебаний температуры и влажности, а также высокой посещаемости культовых сооружений, необходимы новые подходы, учитывающие как физику воздухообмена, так и сохранность внутреннего убранства – икон, росписей, лепнины, деревянных конструкций. Отсутствие должного регулирования воздушных потоков может приводить к ускоренному износу этих элементов и росту эксплуатационных рисков.

Диссертационное исследование Уварова Валерия Александровича направлено на решение именно этой многогранной задачи – разработку и научное обоснование методов управления микроклиматом в православных храмах за счёт регулируемого воздухообмена. Тем самым автор вносит вклад в решение прикладной задачи, находящейся на пересечении строительной климатологии, инженерной аэрогазодинамики и охраны культурного наследия. Это определяет безусловную актуальность и социальную значимость проведённой работы.

Общая характеристика работы

Диссертация Валерия Александровича Уварова представляет собой логично структурированное исследование, направленное на решение прикладной инженерной задачи, имеющей междисциплинарный характер. Структура работы традиционна для технической диссертации и включает: введение, четыре главы основного содержания, заключение, список литературы и приложения. Каждый раздел последовательно раскрывает этапы научного поиска – от анализа проблемы до конкретных технических решений и их экспериментального подтверждения.

Целью исследования является разработка методов создания и поддержания микроклимата в православных храмах регулируемым воздухообменом.

Во введении автор обозначает предмет и объект исследования, формулирует цель работы, ставит задачи и определяет методы их решения. Здесь же убедительно раскрыта значимость работы в контексте существующих научных и практических вызовов, а также очерчены положения, выносимые на защиту. Внимание акцентировано на комплексном подходе к моделированию и оптимизации воздухообмена в храмах, как ключевом инструменте сохранения их внутренней среды.

Первая глава посвящена детальному анализу литературы, охватывающему как фундаментальные труды в области теплообмена и вентиляции, так и более узкие исследования, касающиеся храмовой архитектуры. Автор демонстрирует широкую осведомленность в предметной области, выявляет противоречия и недостатки в существующих решениях, что позволяет обоснованно сформулировать потребность в разработке оригинальной методики.

Во второй главе излагается постановка расчетной задачи и формируется математическая модель, описывающая процессы конвективного движения воздуха и теплообмена внутри храмового пространства. Автор реализует модель в численном виде, применяя уравнения Навье–Стокса для вязкого, теплопроводного, сжимаемого газа. Здесь же раскрывается структура программной реализации, детализируется выбор граничных условий, рассматриваются способы дискретизации и стабилизации вычислительного процесса. Глава отличается строгостью изложения и убедительностью представленных алгоритмов.

Третья глава представлены результаты численного моделирования, выполненного с использованием программного комплекса ANSYS Fluent. Исследование охватывает ряд конкретных храмов, типичных по архитектуре для региона, включая храм Александра Невского. Представлены расчетные поля скоростей и температур, анализируется влияние различных конфигураций открытия фрамуг и иных элементов воздухообмена на распределение микроклиматических параметров в объеме храма. Автор демонстрирует способность гибко настраивать модель под реальные условия, что говорит о её высокой прикладной ценности.

В четвертой главе содержит описание экспериментальной части исследования. Здесь представлена методика измерений, описан используемый инструмент и средства диагностики. Проведён сопоставительный анализ расчетных и натурных данных, выявлены допуски расхождений, которые находятся в пределах приемлемой погрешности. Также в этой главе дана оценка экономической целесообразности предложенных решений, что придаёт работе практико-ориентированный вектор.

В заключении подведены итоги исследования, систематизированы выводы по каждой из глав, обозначены направления возможного развития работы. Итоговые положения подтверждают выполнение поставленных задач и достижение заявленной цели, а также демонстрируют завершённость и внутреннюю согласованность исследования.

Диссертационная работа соискателя, изложена на 164 страницах текста, включает введение, четыре главы, заключение, имеет 42 рисунка, 18 таблиц, библиографический список из 253 наименований и 3 приложения.

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

В диссертации Уварова В.А. научные положения и выводы опираются на строгую физико-математическую основу и подтверждаются как численными, так и натурными исследованиями. Автор применяет научный аппарат на уровне, соответствующем современным требованиям инженерной науки, демонстрируя уверенное владение методами математического моделирования и анализа тепловых и аэродинамических процессов в замкнутых объемах, что подтверждает **достоверность представленных научных положений, выводов и рекомендаций.**

Степень достоверности результатов проведённых исследований подтверждается использованием современных методов теоретических и экспериментальных исследований. Для построения модели был использован комплексный подход, сочетающий уравнения движения вязкой сжимаемой среды и энергетического баланса, что позволило адекватно описать процессы воздухообмена в сложной пространственной конфигурации храмового интерьера. Применение программной среды ANSYS Fluent позволило реализовать вычислительный эксперимент с высокой степенью детализации и учётом тонких конструктивных особенностей архитектуры культовых сооружений. Автором детально рассмотрены варианты изменения параметров работы систем воздухообмена, что позволило установить достоверные зависимости между режимами проветривания и характеристиками микроклимата.

Что особенно ценно, полученные численные результаты были сопоставлены с результатами полевых замеров в действующих храмах. Это обстоятельство придает работе не только научную строгость, но и высокий уровень эмпирической достоверности. Расхождения между расчетными и измеренными величинами находятся в пределах допустимой погрешности, что подтверждает корректность выбранных методик и точность построенной модели.

К числу оригинальных решений, представляющих **научную новизну**, следует отнести следующее:

- разработку и реализацию вычислительного алгоритма, позволяющего смоделировать воздушные потоки и тепловое поле в сложной геометрии храмового объема с учётом тепловых нагрузок и приточно-вытяжной схемы воздухообмена;
- формализацию критерия оптимальности регулирования воздушного обмена через фрамуги и оценку влияния их положения на параметры микроклимата;
- методологическое обоснование подхода к валидации модели на основе сопоставления данных численного эксперимента и реальных измерений, выполненных в условиях эксплуатации.

Вышеперечисленное позволяет с полным основанием утверждать, что диссертационная работа отличается высокой степенью научной добросовестности, обоснованности и внутренней логической завершённости. Она не только предлагает новое техническое решение, но и даёт в руки исследователям

воспроизводимый инструментарий для последующих разработок в смежных областях.

С теоретической точки зрения работа Уварова В.А. представляет собой заметный вклад в развитие методов численного моделирования микроклиматических процессов в архитектурных пространствах сложной формы. Разработанная математическая модель и алгоритмическая схема расчетов демонстрируют универсальность и гибкость при адаптации к различным конфигурациям помещений, что делает их применимыми не только в храмовом строительстве, но и в других областях, где традиционные инженерные подходы недостаточно эффективны. В частности, теоретические выкладки автора могут быть использованы при проектировании вентиляции в музеях, исторических залах, зданиях с высотными или многообъемными пространствами.

Модель учитывает ряд важных факторов: теплопритоки от различных источников, особенности ограждающих конструкций, режимы работы оконных и вытяжных устройств, а также влияние внешней среды. Такой многокомпонентный подход к построению расчетной схемы формирует основу для дальнейших исследований в области строительной теплофизики, а также может использоваться при разработке обучающих и исследовательских программ в технических вузах.

Практическая значимость диссертационного исследования особенно убедительно проявляется в его прикладной направленности. Предложенные технические решения и расчётные методики прошли проверку в условиях реальной эксплуатации храмов, что документально подтверждено актами внедрения. Применение разработанной системы позволяет не только повысить уровень климатического комфорта для прихожан и священнослужителей, но и существенно снизить риски разрушения интерьера, включая настенные росписи, иконы, элементы лепного и деревянного декора.

Особо стоит подчеркнуть, что предложенные подходы не требуют капитальной реконструкции или дорогостоящего оборудования, поскольку они ориентированы на использование уже существующих вентиляционных проёмов и конструктивных элементов, адаптированных с помощью моделирования. Это делает внедрение возможным даже при ограниченных бюджетах, что существенно расширяет сферу применения результатов работы.

В совокупности теоретическая глубина, инженерная строгость и практическая применимость исследования делают диссертацию Уварова В.А. значимым трудом для профессионального сообщества и актуальным техническим руководством для архитекторов, реставраторов, проектировщиков и эксплуатационников храмовых зданий.

Результаты диссертационного исследования **апробированы** на конференциях различного уровня. По теме исследования **опубликовано 7** научных работ, из которых 4 статьи в журналах, входящих в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, получено 1 авторское свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Научные работы и авторское свидетельство в полной мере освещают проведенные исследования и полученные результаты.

Автореферат соответствует тексту диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату

1. Рассматривались ли в 1 главе результаты исследований авторов Рамарова А.Г., Бутенко М.А. и др., посвященные поиску новых подходов к моделированию микроклимата помещений и набирающий популярность data-driven подход управления микроклиматом?

2. На стр. 70-78 диссертации стр. 11 автореферата идет речь об оценке точности, проверки сходимости при изменении величины шага разностной сетки. По какому характерному параметру проходила оценка и будут ли справедливы выводы по количеству ячеек/шагу сетки для другой геометрии?

3. В главе 3.1. и на стр. 13 автореферата приведено описание численного моделирования с помощью уравнения Навье-Стокса, замыканием к-е моделью турбулентности. Не проводил ли соискатель исследования с замыканием другими моделями, не точнее ли результаты сходимости? Получены ли результаты в условиях Ansys Fluent применением разработанного соискателем фреймворка SAFHE (с математическим аппаратом из 2-й главы диссертации)?

4. В главе 4.4. диссертации и на стр. 18-20 автореферата приведена обработка 3-х факторного эксперимента (координаты x и y, температуры наружного воздуха) с получением регрессионных моделей скорости и температуры внутреннего воздуха. На рис. 4.8, 4.9 диссертации приведены графики сходимости с результатами численного моделирования (в т.ч. фреймворка SAFHE), однако не ясно, укладываются ли погрешности в допустимые 5%.

5. Полученные результаты технико-экономического обоснования справедливы исключительно для приведенных расчетных объектов, следовало бы выразить описанный подход в виде номограмм или алгоритма для ускоренного определения экономической эффективности внедрения приложенных технических решений в других Храмах.

Диссертационная работа заслуживают положительной оценки, а приведенные замечания носят точечный характер, не снижая ценности полученных соискателем результатов.

Заключение

Диссертация Уварова Валерия Александровича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно. Диссертация на тему «Создание и поддержание микроклимата в православных храмах регулируемым воздухообменом» представляет собой целостное и завершённое научно-техническое исследование, в котором обоснованно и последовательно решена важная задача обеспечения стабильного микроклимата в культовых зданиях с учётом их архитектурной специфики. Работа сочетает теоретическую новизну, высокий уровень инженерной проработки и практическую направленность.

Содержание диссертации, её структура, качество научного аппарата, глубина анализа и внедрение результатов полностью соответствуют требованиям, предъявляемым пунктами 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации

от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции). Исследование выполнено в рамках специальности 2.1.3 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Уваров Валерий Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Кандидат технических наук (специальность 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»), доцент кафедры «Теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения им. акад. Б.И. Боровского»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Ангелюк
Илья Павлович

Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (КФУ им. В.И. Вернадского)

Адрес: 295050, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181

Телефон: Тел.: +7-978-762-68-31

E-mail: iliya.angeluck@yandex.ru

Личную подпись Ангелюка И.П. заверяю:

Проректор по научной деятельности
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
доктор технических наук, профессор



Любомирский
Николай Владимирович

«03» сентября 2025г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (КФУ им. В.И. Вернадского)

Адрес: 295007, Россия, Республика Крым, Симферополь, просп. Академика Вернадского, 4.

Телефон: +7 (3652) 60-84-98

E-mail: cfuv@crimeaedu.ru