ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Фам Тхи Хонг Тхам** на тему «**Повышение энергетической эффективности архитектурно-строительных решений атриумов зданий с учетом их температурно-воздушного режима**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»

В последнее время увеличилось количество зданий с атриумами, которые стали рассматриваться как элементы престижа и архитектурной выразительности зданий. К атриумам можно также отнести закрытые переходы между зданиями, особенно, в холодном климате. Как правило, в атриумах для обеспечения нормируемых параметров микроклимата проектируются системы кондиционирования, которые потребляют достаточно энергоресурсов на нагрев и охлаждение воздуха. Несомненно, геометрические размеры и архитектурные особенности атриумов оказывают влияние на их температурно-влажностный режим. В связи с этим исследование различных архитектурно-строительных решений, направленных на снижение потребления энергоресурсов при формировании воздушного режима атриумов, является актуальным. При организации воздушного режима атриумов широкое распространение получили методы математического моделирования, однако, необходимо отметить, что натурное определение параметров микроклимата в атриумах существующих зданий, которое проводятся весьма редко, следует также рассматривать как эффективный метод исследований. Поэтому комплексный подход автора заслуживает особого внимания.

Работа, выполненная Фам Тхи Хонг Тхам, соответствует пунктам 3 и 4 паспорта специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав и заключения. Она изложена на 168 стр. основного текста, в том числе 10 стр. приложений, включает 57 рисунков, 10 таблиц, количество использованной литературы – 113, количество приложений – 3.

Введение посвящено раскрытию актуальности исследований, формированию цели и задач диссертационной работы. Отмечена новизна,

теоретическая и практическая значимость работы, её достоверность, апробация и внедрение.

В **1-й** главе приведен обзор архитектурно-строительных решений атриумов, история их развития, классификация зданий с атриумами. Показано влияние атриума на внутреннюю среду смежных помещений. Приведены примеры озеленения атриумов, отмечено, что это положительно сказывается на качестве воздуха. Рассмотрены вопросы энергоэффективности атриумов. Проанализирован отечественный и зарубежный опыт проектирования атриумных пространств при строительстве жилых и общественных зданий. Выявлены недостатки проектирования зданий с атриумами. Следует согласиться с автором, что обеспечение комфортной среды в атриумах при минимальном использовании энергоресурсов – многофакторная задача, которая требует большого объема исследований.

2-я глава посвящена организации и проведению натурных исследований распределения температуры в атриуме существующего здания, учебно-лабораторного корпуса МГСУ (УЛК МГСУ). С использованием нормативной литературы проанализирована статистика климатических данных для Москвы. Приведены описание здания, его геометрии, планы этажей с указанием точек измерения температуры, которая определялась с использованием термогигрометра TESTO 625 с датчиком NTC. При измерениях автор рассматривал 4 варианта организации воздушного режима атриума за счет естественного проветривания.

Измерения температуры выполнены в летний период года, когда температура воздуха днем длительное время сохранялась около 29°С.

Измерения температуры проводилось в 4-х точках на каждом из 5 этажей атриума здания УЛК, а также в местах поступления и удаления воздуха. Результаты замеров сравнивались с данными численных расчетов. Для обработки экспериментальных данных использован метод регрессионного анализа. Получено регрессионное линейное уравнение зависимости температуры от высоты над уровнем пола (см. уравнение 2.1). Коэффициент детерминации (R^2 = 0,92-0,98), что хорошо отражает результаты испытаний.

В 3-й главе диссертации приводится результаты численного моделирования с использованием программного кода «ANSYS Fluent». При расчетах использована стандартная модель k-ε. Отметим, что в задачах моделирования воздухораспределения, особенно в атриумах при наличии солнечной радиации, необходимо учитывать радиационный теплообмен.

Автором для моделирования радиационного теплообмена при расчетах использована модель «Surface-to-Surface».

При численном расчете полученные автором зависимости имеют «квазилинейный» характер для отдельных случаев раскрытия приточных и вытяжных аэрационных проемов. Результаты расчетов и измерений, приведенные в таблицах 3.2-3.5 показали хорошую сходимость.

В 4-й главе автор разрабатывает теоретическую модель для расчета расхода воздуха при использовании заданных параметров вытяжных проемов в зданиях с атриумами, используя законы сохранения. Разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ на языке С++ для расчета расходов и температуры воздуха в разных сечениях зданий с атриумами. С использованием разработанной программы выполнен расчет вариантов соотношения площадей аэрационных проемов в атриуме с геометрическими параметрами, соответствующими зданию УЛК МГСУ. На основании расчетов автор определил, что при естественном проветривании для атриумов определенного объема существует соотношение площади приточных и вытяжных проемов, которое обеспечивает наиболее благоприятный температурный режим. Это позволяет за счет выбора рациональных архитектурно-строительных решений повысить энергоэффективность зданий с атриумами.

В заключении автор приводит общие выводы, которые отражают полученные результаты работы и их соответствие целям и задачам диссертационной работы. Кроме того, автор приводит рекомендации по эксплуатации корпуса УЛК МГСУ в летний период, что имеет большое практическое значение для МГСУ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций работы. Большой объем теоретических и экспериментальных исследований, выполненных автором, позволил судить о том, что научные положения и выводы в значительной степени обоснованы. В работе использованы современные методы строительной теплотехники и аэродинамики для расчетов расхода воздуха и распределения температуры в атриумах. Результаты апробированы на международных конференциях и опубликованы в 8 журналах ВАК и WoS.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается сравнительным анализом данных эксперимента и расчетов на реальном объекте. Применением прибора testo 625, внесенного в Госреестр СИ

РФ, сертифицированной программы «ANSYS Fluent», использованием фундаментальных законов физики.

Научная новизна исследований заключается в получении:

– расчетных зависимостей для определения воздушного режима атриума при естественной вентиляции, которые основаны на выборе рационального соотношения площади вытяжных и приточных проемов;

– регрессионных зависимостей для расчета градиента температуры по высоте атриума при реализации естественного проветривания атриумов.

Теоретическая значимость: Показано, что площади приточных и вытяжных проемов и их соотношение для атриума зависят от геометрических размеров. Полученные в работе расчетные зависимости (для расхода воздуха, температуры на разных уровнях) могут использоваться на стадии проектирования объектов, что позволяет оценить энергоэффективность проектных решения.

Практическая значимость заключается в разработке:

– методики определения наиболее благоприятного температурного режима при естественном проветривании атриумов;

– программы для расчета температурного режима при проектировании атриумов в многоэтажных зданиях (свидетельство о государственной регистрации № 2023668219 от 24 августа 2023 г.);

– разработки ряд рекомендаций для администрации МГСУ по эксплуатации атриума УЛК.

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 3 работы в журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук»; 5 работ в зарубежных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ и 2 акта внедрения результатов НИД.

Диссертационная работа **Фам Тхи Хонг Тхам** оформлена в соответствии с требованиями к научно-техническим текстам. Графики и рисунки оформлены качественно. Сформулированная диссертантом цель достигнута, а поставленные задачи решены. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации. Основные результаты работы опубликованы.

По диссертации имеется ряд замечаний.

1. Раздел 2.2 целесообразно было бы перенести в Гл.1, так как он относится к литературному обзору.

2. Более логично использовать вместо стратификации термин градиент температуры или температурный коэффициент. Например, в тексте *«..более низкая температурная стратификация наблюдалась, когда светопрозрачные проемы полностью открыты, а входные двери внизу открыты на 100%».*

3. Автором получено регрессионное линейное уравнение для определения изменения температуры по высоте над уровнем пола (см. уравнение 2.1). На рис. 2.8, 2.9 указаны значения коэффициентов с точностью до 4 знака, что не соответствует точности измерений. То же замечание к рис. 4.10.

4. Выводы по Главе 2 и 3 нечеткие, не отражают результаты, полученные автором в этой главе.

5 Точность измерения температуры «testo 625» – 0.5°С. Однако в тексте встречаются значения (34,8-37,8 °С) с точностью до 0.1 °С (например, стр.90).

6. При описании условий численного моделирования (Гл.4), к сожалению, недостаточно подробно рассмотрено моделирование радиационного теплообмена. Вероятнее всего, расчет проводился в приближении «серого» излучения. В этом случае через светопрозрачные конструкции учитываются как потоки солнечной радиации, так и тепловые потоки, выходящие из помещений. Если в расчете не учтены выходящие из помещений тепловые потоки через светопрозрачные конструкции, то общее количество теплоты, учитываемой в математической модели, занижается до 20%. Не указано количество расчетных ячеек.

7. В результатах численного расчета (гл.3, рис. 3.6) следовало бы представить и линии тока, характеризующие движение воздуха, т.к. в гл 4 автор рассматривает определение расходов воздуха.

8. Указанная в диссертации и автореферате статья № не относится к перечню ВАК по специальности 2.1.3.

Соловьев А. К., Фам Т.Х.Т. Голографические оптические элементы. Преимущества и недостатки для эффективного освещения, солнцезащиты и фотоэлектрического энергообеспечения зданий. // Светотехника. 2022. №1. С. 9–14.

Указанные замечания не снижают общее положительное впечатление о диссертационной работе.

Заключение по диссертации

Несмотря на отмеченные замечания, считаю, что диссертация Фам Тхи Хонг Тхам «**Повышение энергетической эффективности архитектурно-строительных решений атриумов зданий с учетом их температурно-воздушного режима**» является законченной научно-квалификационной работой, выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую ценность.

В целом, представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученых степеней кандидата технических наук, а её автор Фам Тхи Хонг Тхам заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (специальность 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»), профессор, профессор кафедры «Строительной физики, электротехники и электроэнергетики» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Дацюк Тамара Александровна

«18» ноября 2024г.

Адрес: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4

Телефон: +7 (812) 316 12 22

E-mail: tdatsuk@mail.ru

Подпись Дацюк Т. А.
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров
СПбГАСУ
«18» 11 2024 г.

Личную подпись Дацюк Тамары Александровны заверяю: