

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, доцента Зиганшина Арслана Маликовича на диссертационную работу Денисихиной Дарьи Михайловны на тему: «Научные основы математического моделирования воздухообмена и воздухораспределения в общественных зданиях», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

### **Актуальность избранной темы**

В последние годы наблюдается существенный рост как архитектурной и инженерной сложности внутренних пространств строящихся зданий, так и требований к микроклимату помещений. Это приводит к тому, что классические методы проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), основанные на использовании эмпирических и аналитических зависимостей, часто не справляются с задачей создания качественных решений для сложных архитектурных форм современных общественных зданий. В результате, организациям приходится дорабатывать проект непосредственно на объекте уже после монтажа систем, что не только влечет за собой значительные дополнительные финансовые затраты и временные потери, но и часто оказывается технически невозможным из-за ограничений, накладываемых конструктивными особенностями и инженерными системами готового здания.

Использование численных методов решения дифференциальных уравнений Навье-Стокса открывает новые возможности для проектирования систем микроклимата, позволяя учитывать многообразие факторов, в том числе неравномерность распределения по пространству и времени источников тепло-, влаго-, газовыделений. Благодаря детальному анализу всех влияющих факторов и подробным данным о воздушных потоках становится возможным

оптимизировать работу систем вентиляции и кондиционирования, существенно снизить потребление энергии и повысить комфорт микроклимата в помещении.

В настоящее время существуют различные программные комплексы, реализующие методы вычислительной гидродинамики (ВГД, Computational Fluid Dynamics, CFD). Однако для решения задач, связанных с обеспечением комфортных условий и качества воздуха в современных общественных зданиях, необходима адаптация математического моделирования к решаемым задачам, что, в свою очередь, требует обоснования выбора решаемых уравнений, полуэмпирических моделей турбулентности, а также разработки граничных условий, позволяющих описать работу компонентов систем ОВиКВ с проверкой их адекватности. Решение перечисленных выше вопросов позволит успешно внедрять CFD расчеты в практику проектирования реальных объектов. Поэтому выполненное автором исследование является решением важной и актуальной задачи.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников из 266 наименований и приложений. Работа изложена на 353 страницах основного текста, включает 200 рисунков, 58 таблиц.

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

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы определяется корректностью постановки задач, использованием сертифицированных программных комплексов, сходимостью результатов численных расчетов с данными

собственных натуральных и лабораторных экспериментов и достоверными результатами других авторов.

### **Научная новизна диссертационного исследования**

Автором проделан большой объем научных исследований. Научная новизна работы заключается в разработке научных основ реализации численных методов решения уравнений Навье-Стокса для расчета задач воздухораспределения в общественных зданиях; обосновании эффективности использования двухпараметрических моделей турбулентности при анализе сложных воздушных течений в больших помещениях с различными источниками тепловыделений; установлении значимости учета радиационного теплообмена при моделировании микроклимата помещений общественных зданий; в создании классификации условий формирования микроклимата при взаимодействии потоков от различных конвективных источников и систем вентиляции; в получении зависимостей для расчета коэффициентов воздухообмена и изменения температуры по высоте помещений в безразмерном виде.

### **Значимость результатов, полученных автором, для науки и практики**

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в разработке научных основ реализации дифференциального подхода для решения практических задач вентиляции и кондиционирования различных типов помещений общественных зданий.

Разработанная классификация условий формирования параметров микроклимата позволяет корректно решать численными методами практические задачи, связанные с анализом качества проектных решений по воздухораспределению в сложных объемах общественных зданий, а также с

созданием проектных решений, обеспечивающих энергоэффективность работы систем и высокий комфорт в помещениях.

В работе получены коэффициенты воздухообмена по температуре и концентрации CO<sub>2</sub> для зрительных залов и крытых ледовых арен, которые могут использоваться при проектировании систем ОВиК подобных объектов.

#### **Соответствие работы паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, а именно: п.1 «Исследования теплового, воздушного, влажностного режимов помещений, зданий и сооружений» и п.4 «Разработка математических моделей, методов, алгоритмов, использование численных методов, с проверкой их адекватности, для расчета, конструирования и проектирования систем теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха».

#### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат дает достаточно полное представление о выполненном автором исследовании, хорошо структурирован. В автореферате отражены основные положения диссертации.

По теме диссертации автором опубликованы 38 научных работ, из них 16 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен патент РФ на изобретение.

#### **Дискуссионные положения и замечания по диссертации**

По работе имеется несколько замечаний:

1. Замечания редакционного характера: с.243 – «Ледовая»; с.308 «..схеме», «в зале», «что для ...»; с.307 «росы»; с.319 «расходы».

2. С.197 – сходимость результатов сравнения эксперимента и численного расчета лучше указывать в процентах, какая она была в данном случае?
3. Не ясно для чего нужны дополнительные сравнения результатов численного моделирования при помощи полуэмпирических моделей и с использованием вихреразрешающих моделей (п.4.3 диссертации), если сравнение с экспериментом показало хорошую сходимость результатов?
4. рис. 5.20-5.23 учитывалось ли движение игроков на распределение параметров над ледовым полем и если нет, то как оно повлияет? Рис. 5.23 – с чем связано локальное повышение концентрации CO<sub>2</sub> вблизи льда?
5. Для более ясного понимания, в таблице 5.6 кроме номера арены, следовало бы привести существенные признаки - отличия, в соответствии с разработанной классификацией.
6. С.307 неясно, как осушение рециркуляционного воздуха влияет на точку росы на охлажденной поверхности потолка.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным  
Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы, ее научной и практической значимости.

Считаю, что диссертация Д.М. Денисихиной является самостоятельно выполненным законченным научно-исследовательским трудом на актуальную тему, содержащим научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной и имеющим важное значение для специальности

2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Диссертационная работа соответствует требованиям, изложенным в п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Денисихина Дарья Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.1.3 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук,  
по специальности 05.23.03 –  
«Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха,  
газоснабжение и освещение»,  
доцент, заведующий кафедрой  
«Информационные системы и  
технологии в строительстве»  
ФГБОУ ВО «Казанский  
государственный архитектурно-  
строительный университет»

Зиганшин А.М.

Адрес: 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный  
университет»

Телефон: +79274141620

E-mail: amziganshin@kcasu.ru



Собственноручную подпись

*А.М. Зиганшина*

удостоверяю

Начальник Отдела кадров

*С.И. Шиганова М.И.*

«16 05 2025»