

климатизации возможна лишь с помощью методов вычислительной техники, основанных на решении уравнений Навье-Стокса. В настоящее время имеется набор программ, использующих различные модели турбулентности, но неадаптированных для решения задач, связанных с климатизацией помещений. Поэтому необходим выбор варианта модели, обеспечивающей требуемую точность расчёта при минимизации затрат машинного времени.

В России имеется опыт применения модели турбулентности для расчёта систем климатизации только для систем метрополитенов, основанный на работах Института горного дела СО РАН. Методологическая база для подобных расчётов применительно к надземным сооружениям отсутствует.

По нашему мнению, такая постановка исследований является актуальной.

2. Структура и содержание работы

В соответствии с поставленными автором целями, необходимо отметить четкое структурирование работы от постановки задачи до определения новых задач и направлений для будущих исследований.

Во введении отмечена актуальность работы, сформулированы её цели и задачи, представлены научные положения, выносимые на защиту. Описаны методы исследования, указана достоверность научных положений, научная новизна работы, её научная и практическая значимость.

В первой главе анализируются существующие методы расчёта воздухообмена и воздухораспределения, приближённых и точных моделей совместного расчёта воздухообмена и воздухораспределения. Отмечены их достоинства и недостатки.

Во второй главе проанализированы различные модели турбулентности и особенности их расчёта численными методами. Выбрана модель, позволяющая решать поставленные задачи с достаточной для практики точностью при минимальной затрате машинного времени.

Третья глава посвящена разработке методологии численного моделирования. Рассмотрены математические модели: человека; учета радиационного теплообмена; влагопоступлений в помещениях бассейнов, аквапарков, SPA-зон; задания свойств ограждающих конструкций. Представлены результаты численного моделирования.

В четвёртой главе обосновывается достоверность разработанных моделей. Анализируются результаты расчёта воздухораспределителей, смешанных течений в помещениях большого объёма, помещений с большой площадью радиационных поверхностей.

Пятая глава посвящена вопросам применения методов численного моделирования для расчёта систем климатизации. Исследованы процессы

вентиляции крытых ледовых арен. Произведено моделирование вентиляции зрительных залов и бассейнов. Описывается новый способ кондиционирования помещения.

В шестой главе приводятся экономическое обоснование применения численных методов проектирования систем климатизации.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Все научные положения обоснованы. Достоверность результатов исследований подтверждается натурными и лабораторными экспериментами с применением поверенных средств измерений, сравнением с ранее опубликованными результатами других авторов. Достоверность моделей течений подтверждается их физической непротиворечивостью, согласованием результатов расчёта с экспериментами, использованием сертифицированных программных средств.

4. Научная новизна

Новизна научных результатов исследований:

1. На основании уравнений Навье-Стокса разработаны методологические основы расчёта систем климатизации общественных зданий.
2. Созданы математические модели, позволяющие определить параметры воздуха в пространстве помещения, оценивать соблюдение условий комфортности, оптимизировать расчётные воздухообмены и схемы организации воздухообмена.
3. Произведён анализ наиболее распространённых моделей турбулентности и выбрана модель, обеспечивающая достаточную для практических расчётов точность при оптимальном числе расчётных узлов.
4. Доказано, что в некоторых типах общественных зданий нельзя без дополнительных расчётов установить, какие виды струй: приточные или конвективные – определяют характер циркуляции потоков в помещении.
5. В рамках $k-\varepsilon$ – модели созданы методологические основы радиационного теплообмена, применимые в помещениях любого назначения.
6. Получены закономерности распределения температуры воздуха в зрительных залах театров и предложены соответствующие расчётные зависимости для двух вариантов вентиляции: перемешивающей и вытесняющей.

7. Предложены безразмерные аппроксимационные зависимости для оценки распределения температуры воздуха для чаш ледовых арен.
8. Предложена классификация условий формирования параметров микроклимата в помещениях большого объёма при совместном действии приточных и конвективных струй.

5. Практическая ценность диссертации

1. Разработан комплекс математических моделей для систем климатизации общественных зданий большого объёма, который может быть использован в практике проектирования.
2. Предложенная в диссертации расчётная методология позволяет определить особенности циркуляции воздуха в помещениях для различных вариантов воздухораспределения и определить оптимальный вариант.
3. Для помещений большого объёма с источниками тепловлаговывделений определены зависимости для коэффициентов воздухообмена.
4. Результаты исследования, проведённые ледовых арен, могут быть использованы при разработке соответствующих нормативных документов по проектированию.
5. Разработаны рекомендации по расчёту организации воздухообмена для помещений большого объёма с источниками тепловлаговывделений.
6. Создано новое отопительно-охлаждающее потолочное устройство для кондиционирования воздуха и отопления помещений различного назначения, на которое получен патент.
7. Результаты исследований подтверждены актами внедрения в практику проектирования уникальных объектов.

6. Замечания

1. Динамика совершенствования моделей турбулентности (глава 2) представлены недостаточно полно. Следовало указать, что большинство из них, в том числе и $k-\varepsilon$, основаны на идеях А.Н. Колмогорова (1942 г.) и Л. Прандля (1945 г.), а также Б.И. Давыдова (1959 г.). Не лишне было бы указать, что модель Х.Л. Драйдена базируется на уравнениях В.Г. Невзглядова (1945 г.).

2. Не указано, как определены параметры k , ε , создаваемые движениями спортсменов (стр.109-111).

3. В расчётах, приведённых в пятой главе, начальные характеристики турбулентности приточных струй (интенсивность, масштаб) указаны только для ледовых арен.

4. Непонятно, что за схемы рассматриваются в таблице 5 (стр.229). Следовало дать их описание.

5. Необходимо было отметить, что одним из факторов, препятствующих внедрению предлагаемых моделей в практику проектирования, является отсутствие экспериментальных характеристик турбулентности конкретных конструкций воздухораспределителей.

6. Не совсем точно сформулирована научная новизна в п.4, которая в данном случае состоит в создании методологических основ расчёта радиационного обмена в рамках $k-\varepsilon$ – модели. Обосновывать учёт его влияния не было необходимости, так как это следует из условий комфортности, сформулированных В.Н. Богословским.

7. Идея о целесообразности работы вентиляционного оборудования в нестационарном режиме для помещений с массовым пребыванием людей (практическая значимость п.3) не является новой. Например, уже давно разработаны системы, где объём подаваемого воздуха изменяется в зависимости от концентрации двуокиси углерода в воздухе помещения.

Отмеченные замечания имеют не принципиальное значение и не влияют на положительную оценку диссертации.

7. Заключение

Диссертационная работа Денисихиной Дарьи Михайловны обладает научной новизной и практической значимостью, является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, выполненной на высоком научном уровне. Выдвинутые на защиту положения обоснованы и доказаны. Поставленные задачи решены в полном объёме. Представлены новые научно-технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в создание эффективных и экономичных систем климатизации надземных зданий любого назначения.

Работа обладает внутренней логикой, изложена в научно-техническом стиле, оформление соответствует установленным требованиям. Автореферат соответствует содержанию и в полной мере передаёт её суть.

Представленные в диссертации материалы достаточно полно отражены в 38 публикациях, в том числе 16 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 2 в рецензируемом издании из базы данных SCOPUS.

Тематика диссертационных исследований соответствует паспорту специальности «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»: п.1 «Исследования теплового, воздушного, влажностного режимов помещений, зданий и сооружений», п.4 «Разработка математических моделей, методов, алгоритмов, использование численных

методов, с проверкой адекватности, для расчёта, конструирования и проектирования систем теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха».

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Денисихина Дарья Михайловна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры "Теплогасоснабжение и вентиляция" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)». Протокол заседания № 9 от «5» мая 2025 г.

Заместитель главного редактора журнала
«Известия ВУЗов. Строительство»,
доктор технических наук, профессор

Костин Владимир Иванович

Доцент кафедры «Теплогасоснабжения и
вентиляции» Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Новосибирский
государственный архитектурно-
строительный университет (Сибстрин)»,
канд. техн. наук, доцент

Мансуров Рустам Шамильевич

Адрес: 630008, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 13

E-mail: tgiv@sibstrin.ru

Тел.: (383) 266-38-21

