

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Черниковой Ирины Демьяновны на тему: «Повышение эффективности отопительно-вентиляционных систем совершенствованием процессов регулирования аэротермодинамических характеристик», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Актуальность темы диссертационной работы

Важнейшей составляющей любого строительного сооружения являются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Данные системы и, в том числе, отопительно-вентиляционные системы (ОВС) осуществляют формирование воздушной среды в обслуживаемых помещениях, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям, а также необходимой для выполнения производственных и технологических процессов. В настоящее время при разработке и проектировании ОВС особое внимание уделяется вопросам снижения их эксплуатационных затрат. Обеспечить снижение эксплуатационных затрат возможно, в первую очередь, посредством уменьшения энергопотребления и повышения надежности оборудования, элементов и устройств ОВС.

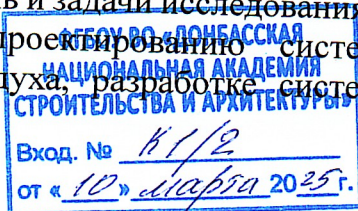
Таким образом задача повышения эффективности ОВС посредством совершенствованием регулирования аэротермодинамических характеристик является актуальной, а ее решение позволит обеспечить улучшение показателей качества регулирования и снижение эксплуатационных затрат.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация включает введение, четыре раздела, заключение, список литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 150 страниц, в том числе 130 страниц основного текста, список литературы из 146 источников на 15 страницах, приложений на 15 страницах. Работа содержит 53 рисунка и 2 таблицы.

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, изложена методология и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту диссертации, обоснована достоверность полученных результатов, даны сведения об апробации научных исследований и опубликованных научных работах, приведена информация по структуре и объему диссертации.

Первый раздел «Анализ состояния вопроса, цель и задачи исследования» посвящен анализу современных подходов к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, разработке систем



автоматического управления (САУ) воздушным отоплением и обосновать основные направления исследований на повышения эффективности ОВС. Отмечено, что при разработке и проектировании ОВС особое внимание уделяется вопросам снижения эксплуатационных затрат, посредством уменьшения энергопотребления и повышения надежности оборудования, элементов и устройств ОВС.

Автором показано, что важным резервом уменьшения энергопотребления является сокращение потребляемой мощности путем снижения потерь энергии, связанных с процессами регулирования аэротермодинамических характеристик ОВС. Это может быть достигнуто разработкой САУ воздушным отоплением, обеспечивающих рациональное использование энергоресурсов за счет улучшения показателей качества регулирования ОВС на основе алгоритмов и методов оптимального управления.

Соискателем отмечено, что для повышения надежности ОВС важным направлением следует рассматривать использование регулирующих устройств, защищенных от негативного влияния влажности, загрязненности, химической агрессивности рабочей среды, вибраций, резких перепадов температуры. К таким устройствам можно отнести струйные элементы, которые, кроме нечувствительности к перечисленным выше факторами, имеют более высокую надежность и долговечность, а также меньшую материалоемкость, благодаря отсутствию подвижных механических частей.

Обосновано, что важным направлением повышения эффективности ОВС является дальнейшее развитие методов выравнивания потока в элементах соединения воздухопроводов с выходными патрубками радиальных вентиляторов, что обеспечивает повышение производительности вентиляционных систем.

Второй раздел «Теоретические исследования аэротермодинамических характеристик отопительно-вентиляционных систем» посвящен разработке математической модели комбинированной ОВС как объекта автоматического управления температурным режимом в помещении. Рассмотрена комбинированная ОВС, построенная на основе вентиляционной системы переменного расхода воздуха, которая имеет возможность дополнительного нагрева или охлаждения приточного воздуха. Рассмотрены подходы к структурной и параметрической идентификации математических моделей рабочих процессов ОВС и методы определения параметров для выбранной структуры динамической модели. Обоснована идентификация объектов ОВС в виде передаточных функций апериодических звеньев первого и второго порядков с запаздыванием.

Автором показана возможность повышения надежности и долговечности струйных регулирующих устройств за счет отсутствия подвижных механических частей. Рассмотрены компоновочные схемы установки струйных регулирующих устройств, неподверженных негативному влиянию влажности, загрязненности, химической агрессивности рабочей среды, вибраций, и резких перепадов температуры.

Предложен критерий энергетической эффективности регулирования аэродинамических характеристик вентиляционных систем, позволяющий производить оценку возможности эффективного использования байпасного способа регулирования.

Для повышения производительности вентиляционных систем на основе численного моделирования турбулентных течений обоснована эффективность и показана целесообразность использования методов выравнивания потока на выходе радиальных вентиляторов путем установки конструктивных элементов в диффузорах с несимметричным расширением, имеющих разные наклоны боковых стенок.

Третий раздел «Экспериментальные исследования» посвящен разработке экспериментальных стендов для проведения исследований по влиянию конструктивных элементов для выравнивания потока на выходе радиального вентилятора на его аэродинамические характеристики; а также по оценке эффективности использования струйных регулирующих устройств. Предложена методика проведения экспериментов и обработки опытных данных. При этом были решены следующие задачи: проектирование и изготовление экспериментальных установок; подбор контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры; непосредственное проведение экспериментов, оценка погрешности измерений, обработка экспериментальных данных; проверка адекватности аппроксимационных зависимостей для расчета аэродинамических характеристик.

Автором выполнены экспериментальные исследования по повышению производительности вентиляционных систем путем размещения конструктивных элементов в диффузорах с несимметричным расширением, имеющих разные наклоны боковых стенок.

В четвертом разделе «Повышение эффективности отопительно-вентиляционных систем совершенствованием процессов регулирования» разработаны рекомендации по выбору геометрических размеров и параметров размещения конструктивных элементов в диффузорах с несимметричным расширением, имеющих разные наклоны боковых стенок, для повышения производительности вентиляционных систем путем выравнивания потока на выходе радиальных вентиляторов.

Автором предложена методика оценки возможности эффективного использования байпасного способа регулирования аэродинамических характеристик вентиляционных систем по начальному (максимальному) расходу в системе. Выполненные оценки для параметров лабораторного стенда со струйными регулирующими устройствами подтвердили экспериментальные результаты снижения потребляемой мощности.

Соискателем разработана двухконтурная САУ воздушным отоплением с МРС-регулятором расхода и ПИД-регулятором температуры приточного воздуха. В среде Simulink пакета прикладных программ MATLAB проведены исследования переходных процессов в комбинированной ОВС и выполнен анализ показателей качества регулирования аэротермодинамических характеристик.

Совместное применение МРС-регулятора для расхода приточного воздуха и ПИД-регулятора для его температуры позволяет совершенствовать процессы регулирования за счет увеличения быстродействия и уменьшения величины перерегулирования температуры в значимой зоне обслуживаемого помещения, что обеспечивает улучшение качества регулирования и снижение эксплуатационных затрат ОВС.

В заключении изложены основные результаты и выводы проведенного диссертационного исследования в соответствии с поставленными задачами и целью исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достижение поставленной цели и выполнение сформулированных задач проведено на основе системного подхода к теоретическим и экспериментальным исследованиям. В работе использованы методы математического и компьютерного моделирования, методы теории автоматического управления, методы теории вероятности и математической статистики, методы экспериментальных исследований на лабораторных стендах.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Корректное использование математического аппарата, значительный объем опытных данных, полученных в приближенных к реальным условиях работы оборудования, применение современных способов измерения и методов экспериментальных исследований, сопоставление теоретических и экспериментальных данных убедительно подтверждают достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

1. Разработана математическая модель комбинированной ОВС как объекта автоматического управления температурным режимом в помещении для синтеза САУ воздушным отоплением с регулированием расхода и температуры приточного воздуха.
2. Предложен критерий энергетической эффективности регулирования аэродинамических характеристик вентиляционных систем, позволяющий производить оценку возможности эффективного использования байпасного способа регулирования.
3. Получили дальнейшее развитие методы выравнивания потока на выходе радиальных вентиляторов путем установки конструктивных элементов в диффузорах с несимметричным расширением, что обеспечивает повышение производительности вентиляционных систем.

4. Разработана двухконтурная САУ воздушным отоплением с МРС-регулятором расхода и ПИД-регулятором температуры приточного воздуха, обеспечивающая улучшение показателей качества регулирования аэротермодинамических характеристик ОВС.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

1. Разработана структурная схема комбинированной ОВС и на ее основе блок-диаграмма в среде Simulink пакета прикладных программ MATLAB для моделирования САУ воздушным отоплением, позволяющая исследовать процессы и качество регулирования аэротермодинамических характеристик.

2. Предложена методика оценки возможности эффективного использования байпасного способа регулирования аэродинамических характеристик вентиляционных систем по начальному (максимальному) расходу в системе.

3. Разработаны рекомендации по выбору геометрических размеров и параметров размещения конструктивных элементов в диффузорах с несимметричным расширением, имеющих разные наклоны боковых стенок, что обеспечивает повышение производительности вентиляционных систем.

4. Разработана двухконтурная САУ воздушным отоплением с МРС-регулятором расхода и ПИД-регулятором температуры приточного воздуха, обеспечивающая повышение эффективности ОВС за счет совершенствования процессов регулирования аэротермодинамических характеристик.

Основные результаты диссертации использованы и внедрены на предприятиях Луганской Народной Республики при модернизации систем инженерного оборудования производственных участков и помещений, а также в учебном процессе.

Редакционный анализ

Диссертация написана доступным для понимания техническим языком. Стил ь изложения четкий, логичный и последовательный. Оформление работы отвечает требованиям ВАК при Минобрнауки России.

Публикации соискателя в полной мере отражают основные результаты и выводы диссертационной работы. Требования ВАК к публикациям материалов диссертации целиком соблюдены.

Содержание автореферата в полной мере отражает основные положения диссертации. Между текстами автореферата и диссертации нет несоответствия.

По работе имеются следующие замечания:

1. В работе было бы желательно дать количественную оценку повышения надежности и долговечности вентиляционных систем за счет использования струйных регулирующих устройств.

2. При моделировании турбулентных потоков в элементах вентиляционных систем следовало бы более четко обосновать выбор граничных условий.

3. Соискателем достаточно убедительно обоснована идентификация объектов ОВС в виде передаточных функций апериодических звеньев первого и второго порядка с запаздыванием, однако рекомендаций по оценке величины времени запаздывания не представлено.

4. Анализ энергетической эффективности регулирования аэродинамических характеристик вентиляционных систем по предложенному критерию желательно производить для номинальных режимов работы.

6. Соискатель рекомендует проводить аппроксимацию аэродинамических характеристик вентилятора полиномами второго порядка, что дает приемлемую точность для радиальных вентиляторов с обратным наклоном лопаток. В работе было бы желательно проверить применимость таковой аппроксимации к иным конфигурациям рабочего колеса.

7. Следовало бы указать допустимые погрешности изготовления и установки составной выравнивающей пластины.

8. При получении прогнозирующей модели для обслуживаемого помещения не показана методика получения и обработки экспериментальных данных, а также не представлена оценка адекватности модели.

9. В работе не исследован вопрос влияния горизонта прогнозирования и горизонта управления на процесс регулирования аэротермодинамических характеристик отопительно-вентиляционной системы.

Указанные замечания не вызывают сомнения в достоверности, научном значении и возможности практического использования результатов проведенных автором исследований.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа Черниковой Ирины Демьяновны является завершенным научным исследованием, в котором решена актуальная научно-техническая задача улучшения эксплуатационных характеристик вентиляционных систем на основе совершенствования конструктивных элементов и процессов регулирования, что обеспечивает повышение производительности, надежности и энергетической эффективности систем. Выполненная диссертационная работа обладает внутренним единством, свидетельствует о личном вкладе автора в науку и соответствует современному мировому научному уровню в данной области исследований.

Считаю, что диссертация Черниковой Ирины Демьяновны «Повышение эффективности отопительно-вентиляционных систем совершенствованием процессов регулирования аэротермодинамических характеристик» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2025 г. № 62), а ее автор, **Черникова Ирина**

Демьяновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Настоящим я, Боровков Дмитрий Павлович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент

доктор технических наук
заместитель директора по науке
Общества с ограниченной ответственностью
«Проектно-технологическое бюро
проектно-строительного объединения
Волгоградгражданстрой»



Д.П. Боровков

400087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, д. 10, офис 10, Общество с ограниченной ответственностью «Проектно-технологическое бюро проектно-строительного объединения Волгоградгражданстрой», Тел.: +7(906)1691453, =7(905)3358131, E-mail: ptbpso1991@mail.ru.

Личную подпись Боровкова Д.П.
заверяю: доктор технических наук, профессор,
директор Общества с ограниченной ответственностью
«Проектно-технологическое бюро
проектно-строительного объединения
Волгоградгражданстрой»



В.Н. Азаров

Примечание

Подпись официального оппонента заверяется в кадровой службе по месту работы и скрепляется гербовой печатью.