

ОТЗЫВ

на диссертационную работу **Дмитриева Юрия Александровича** на тему: **«Тепловой и воздушный режимы центров обработки данных»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 - «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»

Актуальность выбранной темы диссертационной работы определяется цифровой трансформацией всех отраслей экономики России. Одним из главных задач данного процесса является преобразование информации в цифровую форму. Объекты, в которых предполагается хранение и обработка информации, называются центрами обработки данных (ЦОД). Для бесперебойной работы ЦОД необходимо поддержание определенных параметров воздуха и отвод выделяющейся теплоты от серверного оборудования. Превышение нормируемых параметров воздуха в ЦОД может привести к перегреву и поломке оборудования, что, в свою очередь, может привести к потере информации. Несмотря на то, что на сегодняшний день существуют рекомендации по проектированию систем кондиционирования воздуха в ЦОД, они не учитывают влияние различных технологических решений и характеристик серверного оборудования на состояние микроклимата в ЦОД. Исследования в данной области, позволят обеспечить устойчивое развитие информационных технологий в нашей стране.

Личное участие автора в получении результатов диссертации

Автором выполнены натурные измерения скорости и температуры воздуха на серверном оборудовании и в стойках в машинных залах ЦОД при различных способах организации воздушных потоков. Результаты натурных измерений использованы автором при проведении численного моделирования теплового и воздушного режимов в ЦОД при различных значениях потребляемой электрической мощности, степени загрузки серверных стоек, а также способах организации воздушных потоков. На основании проведенных

исследований автором разработаны методика расчета и рекомендации по проектированию систем кондиционирования воздуха.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, сделанных выводов и рекомендаций, подтверждается совпадением результатов натурных и численных исследований в пределах статистической значимости.

Новизна полученных результатов исследования заключается в следующем:

1. В результате натурных измерений, выполненных в машинном зале ЦОД при различных способах организации воздушных потоков, получены температурные поля и выявлены зоны с температурой воздуха, превышающей нормируемое значение.
2. Получена зависимость, позволяющая определить перепад температур воздуха в стойке с различной степенью загрузки серверным оборудованием на основании данных о её потребляемой электрической мощности.
3. Установлена зависимость между производительностью вентиляторов встроенных в серверное оборудование типа шасси с блейд-серверами и стойечного типа и потребляемой электрической мощностью данного оборудования.
4. Определена зависимость градиента температуры воздуха в машинном зале ЦОД от степени загрузки стоек серверным оборудованием и их потребляемой электрической мощности для различных вариантов организации «горячих» и «холодных» коридоров.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Значимость полученных автором результатов заключается в получении температурных полей в машинных залах ЦОД для различных способов организации воздушных потоков. Практическая значимость полученных результатов заключается в разработанной методике расчета системы кондиционирования воздуха. Выполненные автором исследования можно охарактеризо-

вать как научно обоснованные разработки, благодаря которым возможно решение прикладных задач в области обеспечения теплового и воздушного режимов ЦОД.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Предложенные зависимости могут быть использованы как при проектировании систем кондиционирования воздуха, так и при разработке технических решений, касающихся компоновки серверного оборудования внутри стоек и организации «холодных» и «горячих» коридоров в машинном зале ЦОД. Полученные в натурных условиях поля распределения температуры воздуха при различных способах организации воздушных потоков рекомендуется учитывать при устройстве потолочных и фальш-панелей. Результаты исследований были использованы при модернизации системы кондиционирования воздуха ЦОД в Северо-Западном главном управлении Центрального банка Российской Федерации. Материалы диссертации используются в учебном процессе по дисциплинам «Вентиляция» и «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» при подготовке бакалавров по направлению подготовки 08.03.01 Строительство и при подготовке магистров по направлению подготовки 08.04.01 Строительство в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете.

Соответствие диссертации научной специальности

Представленная диссертационная работа соответствует разделам п. 1 и п.2 паспорта научной специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Замечания по автореферату:

При описании k - ϵ модели турбулентности следовало указать, какие пристеночные функции используются при расчете скорости в пристенном турбулентном пограничном слое.

Приведенное замечание не снижает ценности проведенных исследований, полученных результатов и общего положительного впечатления.

Заключение

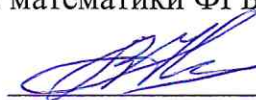
Диссертационная работа Дмитриева Ю.А. состоит из введения, четырех глав и заключения. Диссертационная работа содержит достаточное для понимания количество исходных данных, пояснений, рисунков, графиков, таблиц и подробных расчетов. Общий объем работы составляет 130 страниц машинописного текста и включает в себя и 14 страниц приложений, 8 таблиц, 56 рисунков и список литературы из 120 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки РФ. Представленные в диссертации материалы достаточно полно отражены в 4 публикациях, 2 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 опубликована в издании, входящем в базу SCOPUS.

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. Вопросы, решенные диссертантом в работе, имеют существенное значение для области исследований. Диссертация написана литературным языком, грамотно, стиль изложения доказательный. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изм. от 11.09.21 №1539), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Дмитриев Юрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 - «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Отзыв составил

Заведующий кафедрой физики и высшей математики ФГБОУ ВО «УГТУ»,
доктор физ.-мат. наук., профессор

 Некучаев В.О.

Я, Некучаев Владимир Орович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и на их дальнейшую обработку.

 Некучаев В.О.

Подпись В.О. Некучаева заверяю:

Специалист по кадрам I категории
ФГБОУ ВО «УГТУ»



 Э.А. Никитенко

«3» 11 2023 г.

Почтовый адрес предприятия:

Россия, 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

Официальный сайт: www.ugtu.net

Контакты Некучаева В.О.:

Тел.: +7(912)86-85-062, e-mail: vnekuchaev@ugtu.net