



литературы и приложения. Общий объем работы составляет 125 страниц машинописного текста и включает 47 рисунков, 17 таблиц, список литературы из 126 наименований и 4 приложений на 15 страницах.

Автореферат в необходимом объеме отражает содержание диссертационной работы.

### **3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Основные научные положения, сформулированные в рамках диссертационной работы Кирушка Д.А. и выносимые на защиту, логичны, обоснованы содержательными исследованиями, численным моделированием, натурными исследованиями и подтверждены содержанием работы. Они включают решение ряда важных научно-практических задач:

- разработка схемы установки кондиционирования воздуха, обеспечивающей косвенное испарительное охлаждение в пластинчатых теплообменниках рекуперативного типа в теплый период и использования в холодный период для теплоутилизации и увлажнения приточного воздуха без включения дополнительного оборудования;

- исследование процессов изменения состояния влажного воздуха в установке и оценка режимов работы ее элементов в теплый и холодный период года;

- выявление условий применимости исследуемой схемы в различных климатических условиях РФ;

- моделирование теплопередачи в пластинчатом теплообменнике рекуперативного типа с использованием программы для ЭВМ для оценки повышения температурной эффективности теплообменника за счет использования скрытой теплоты испарения влаги, уносимой из секции увлажнения;

- экспериментальная оценка количества уносимой влаги из секции увлажнения для выявления действительного энергетического эффекта от использования влагоуноса;

- выявление экономического эффекта от применения рассматриваемой схемы обработки притока.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается разработкой адекватной математической модели объекта исследования; корректным использованием методов исследования тепломассопереноса в пластинчатых теплообменниках рекуперативного типа при испарении капель жидкой влаги; квалифицированным применением методов математической статистики и теории погрешностей при анализе экспериментальных данных по величине уноса влаги из секции увлажнения, а также нормативных данных по наружным климатическим параметрам; данными, полученными в ходе применения разработанных методов для оценки возможности применения разработанной автором схемы в различных районах РФ; проведенными сопоставлениями расчетных характеристик с экспериментальными.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций оценена с помощью современных математических вероятностных методов, в том числе регрессионного анализа; экспериментальные натурные методики исследований выполнены с применением поверенных приборов, результаты экспериментальных и теоретических исследований показывают удовлетворительную сходимость.

#### **4. Научная новизна**

Научная новизна работы Кирушка Дмитрия Александровича состоит в том, что соискателем уточнена математическая модель тепломассопереноса в пластинчатом теплообменнике рекуперативного типа установки кондиционирования воздуха, использующей косвенное испарительное охлаждение, для учета скрытой теплоты испарения влаги, уносимой из секции сотового увлажнения. Кроме того, в работе произведена разработка аналитического описания процессов обработки приточного воздуха для оценки энергетических затрат при косвенном испарительном охлаждении в пластинчатых теплообменниках в зависимости от наружных и внутренних

климатических параметров, и характеристик применяемого оборудования. Также соискателем выявлены закономерности работы секции увлажнения при изменении направления потока воздуха в случае переключения установки на летний режим и условия термодинамической и экономической целесообразности применения рассматриваемой схемы при различных климатических параметрах района строительства для создания оптимальных технических решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

## **5. Научная и практическая ценность диссертации**

Соискателем учёной степени получена зависимость повышения коэффициента температурной эффективности пластинчатого теплообменника рекуперативного типа за счет использования скрытой теплоты испарения влаги, уносимой из секции увлажнения, от изменения влагосодержания охлаждающего воздушного потока и от конструктивных характеристик теплообменника, представленная в безразмерном виде в виде критериального уравнения. Кроме того, соискатель показал, что общая структура полученной зависимости совпадает со структурой соотношений, полученными ранее другими авторами для случая конденсации водяных паров на поверхности теплообмена. Помимо этого, с использованием графоаналитического метода, основанного на применении *I-d*-диаграммы влажного воздуха и основных уравнений теплопередачи, а также баланса теплоты и влаги соискателю удалось определить предельное количество уносимой влаги, способное испариться в пластинчатом рекуперативном теплообменнике и обеспечить повышение его температурной эффективности, а также на основе комплексного термодинамического и климатологического анализа им была выявлена зона в пределах территории РФ, в которой целесообразно применение рассматриваемой схемы обработки приточного воздуха при условии обеспечения требуемых параметров внутреннего микроклимата в помещениях. Помимо этого, соискателем было показано, что применение рассматриваемой установки кондиционирования воздуха в пределах соответствующей зоны

территории РФ относится к малозатратным и быстрокупаемым энергосберегающим мероприятиям.

К практической значимости работы можно отнести следующие результаты:

- совершенствование систем вентиляции и создании более комфортного и устойчивого температурно-влажностного режима в помещениях зданий и сооружений за счет разработки специальной конструкции установки кондиционирования воздуха с косвенным испарительным охлаждением в пластинчатых теплообменниках, пригодной для использования в теплый и холодный период года при функционировании одних и тех же элементов теплообменного оборудования;
- создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований, а также инженерной методики оценки применения такой конструкции, а также рекомендаций по ее энергетической и экономической целесообразности в зависимости от расчетных параметров наружного климата для рационального проектирования этих систем, основанных на использовании технических, экономико-математических и других современных научных методов.

#### **6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки**

Результаты исследований соискателя значимы, поскольку в диссертации разработаны научно-технические основы усовершенствованной технологии создания микроклимата в помещениях зданий за счет использования скрытой теплоты испарения влаги, уносимой из секции увлажнения в системах кондиционирования воздуха в рамках предложенной и обоснованной соискателем схемы установки кондиционирования воздуха с применением косвенного испарительного охлаждения в пластинчатом рекуперативном теплообменнике, допускающей изменение направления потоков воздуха в холодный период года с целью использования увлажнителя для обработки притока.

## **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты исследований соискателя могут быть использованы в практике проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха зданий при выполнении инженерных расчетов и конструировании энергосберегающих установок обработки приточного воздуха без использования искусственных источников холода.

## **8. Замечания**

1. Выражение (1.19) правильнее было бы называть не уравнением, а определением для комплекса NTU.

2. При описании автором процесса испарения капельной влаги на поверхности теплообмена пластинчатого рекуператора, что должно повышать эффективность обработки воздуха при косвенном испарительном охлаждении, нигде не фигурирует такое понятие как парциальное давление водяных паров как в потоке увлажнённого воздуха, проходящего через пластинчатый рекуператор, так и на поверхности капли, осевшей на пластинах теплообменника рекуперативного типа.

3. Экспериментальная часть работы лишь подтверждает давно известный факт об уносе капельной влаги после таких устройств по увлажнению воздуха как камера орошения или сотовый увлажнитель. И так как вся работа основывается на гипотезе повышении эффективности обработки воздуха при косвенном испарительном охлаждении, то на наш взгляд, следовало провести экспериментальные исследования по эффективности испарения капельной влаги на поверхностях пластинчатого теплообменника рекуперативного типа.

## **9. Заключение**

Анализ работы позволяет сделать вывод, что диссертация Кирушка Дмитрия Александровича на тему «Косвенное испарительное охлаждение в системах кондиционирования воздуха с использованием пластинчатых теплообменников» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и

практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. 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 кандидата технических наук, а ее автор Кирушок Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции» ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)». Протокол заседания № 10 от «3» мая 2023 г.

Заведующий кафедрой «Теплогазоснабжения 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, 113

E-mail: [tgiv@sibstrin.ru](mailto:tgiv@sibstrin.ru)

Тел.: (383) 406-3802

