

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Доктора технических наук Васильева Григория Петровича на диссертационную работу Кирушка Дмитрия Александровича на тему «Косвенное испарительное охлаждение в системах кондиционирования воздуха с использованием пластинчатых теплообменников», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Актуальность темы исследования не вызывает сомнения, поскольку работа направлена на разработку и реализацию решений по снижению энергопотребления при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Это имеет особое значение в настоящее время, в условиях действия Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, а также Закона РФ № 261-ФЗ «Об энергосбережении ...» в сочетании с тем обстоятельством, что в структуре конечного потребления системы вентиляции и кондиционирования воздуха являются одним из основных потребителей теплоты.

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 в теплый период и пригодной для использования в холодный период для теплоутилизации и увлажнения притока 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 рекуператоре 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.

Структура и содержание работы

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, пяти глав основных исследований, заключения, списка использованной 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.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

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.

Научная новизна работы Кирушка Дмитрия Александровича состоит в том, что соискателем выполнено уточнение математической модели тепломассопереноса в пластинчатом рекуператоре 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.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в следующем:

Соискателем получена зависимость повышения коэффициента температурной эффективности пластинчатого рекуператора 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 с 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 рекуператоре 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 притока 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 создания наиболее совершенного и надежного температурно-влажностного режима в помещениях зданий и соору-

жений 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 тепломассообменного 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.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

разработкой адекватной математической модели объекта исследования; корректным использованием методов исследования тепломассопереноса в пластинчатых рекуператорах 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.

Замечания

1. Недостаточное внимание уделено исследованиям особенностей работы предлагаемой установки в холодный период года. Хотя, именно рекуперация теплоты вытяжного воздуха в течение отопительного сезона для большинства регионов РФ может вносить наиболее существенный вклад в экономическую эффективность технологии.

2. В работе отсутствует анализ возможности, эффективности и целесообразности применения установки в холодный период года при отрицательных температурах наружного воздуха, а в теплый период года – при его высокой относительной влажности. Подобный анализ позволил бы более четко определить границы районов приоритетного применения данной технологии и имел бы большую практическую ценность.

3. Практически на всех рисунках и в таблицах раздела 2 отсутствуют размерности названий осей графиков и столбцов таблиц.

4. В формулах, приведенных в разделе 1.2, не все используемые величины в явном виде расшифрованы, хотя пониманию это практически не препятствует, поскольку используются общепринятые обозначения.

5. Выражение (1.19) более правильно было бы называть не уравнением, а определением для комплекса NTU.

6. Возможно, в разделе 2.3 следовало бы привести физические соображения, обосновывающие форму получаемых аппроксимационных выражений для поправочных коэффициентов $f(NTU')$ к коэффициенту температурной эффективности рекуператора.

7. Формулы без номеров на стр.63 повторяют соответственно формулы (2.3) и (1.24).

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Кирушка Дмитрия Александровича и могут быть учтены им в дальнейших исследованиях.

Заключение

Диссертационная работа Кирушка Дмитрия Александровича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Косвенное испарительное охлаждение в системах кондиционирования воздуха с использованием пластинчатых теплообменников» отвечает 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 кандидат технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
научный руководитель,
ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

Васильев Григорий Петрович

«26» апреля 2023 г.

Подпись Г.П. Васильева заверяю:
Заведующий отделом кадров
ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»



Тришина А.А.

26.04.2023

Адрес: Россия, 121309, г. Москва, Большая Филёвская, д.22, стр.2
E-mail: insolar-invest@mail.ru
Тел.: +7(499) 142-53-77