

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Вдовичева Антона Андреевича  
«Повышение эффективности пластинчатых рекуператоров систем  
вентиляции и кондиционирования воздуха», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. –  
Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и  
освещение

Диссертационная работа Вдовичева А.А. выполнена на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Она состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 206 страниц, в том числе 171 страница основного текста, включающий список литературы из 136 наименований.

### ***Актуальность избранной темы диссертационного исследования***

Утилизация тепла вытяжного воздуха систем вентиляции и кондиционирования является способом, приводящим к существенной экономии тепловой энергии на подогрев приточного воздуха. Однако в климатических условиях большей части нашей страны, приводит к нежелательным последствиям, в том числе в виде инееобразования. Поэтому в условиях необходимости увеличения энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха, совершенствование систем утилизации теплоты удаляемого воздуха, с изучением вопросов инееобразования внутри каналов рекуперативных теплообменников, является актуальной и важной теоретической и практической задачей.

### ***Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна***

В диссертационной работе разрабатываются конструкции пластинчатого перекрестно-точного рекуператора с интенсификацией теплопереноса между воздушными потоками, с учетом разных способов увеличения площади теплообменной поверхности, а также путем применения технического решения, обеспечивающего работу рекуператора в условиях предотвращения инееобразования на поверхности теплообмена. Для этого автором решен ряд задач: исследование систем утилизации теплоты удаляемого воздуха; анализ способов предотвращения инееобразования; влияния степени детализации расчетной сетки рекуператора при численном моделировании; экспериментальные исследования на базе модернизированной лабораторной установки с разработкой методики построения упрощенной модели



пластинчатого рекуператора; разработка методики, алгоритма и программы инженерного расчета перекрестно-точного рекуператора; исследование способов рационализации конструкции теплоутилизатора при повышении энергоэффективности и обеспечении режима работы без формирования зоны инееобразования на пластине теплообмена в канале удаляемого воздуха.

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций подтверждается хорошей сходимостью результатов, получаемых численно и экспериментально автором, с данными производителя, при исследовании исходной конструкции, а также использованием апробированных методик, оборудования и программного обеспечения. Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций соответствует современным требованиям.

Научная новизна работы заключается в том, что автором предложены и апробированы на основе теоретических и экспериментальных исследований:

- метод моделирования процессов теплопереноса и аэродинамики на основе использования периодических граничных условий и модели турбулентности SST  $k-\omega$  в программном комплексе, реализующем методы вычислительной гидродинамики;

- экспериментальная зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса с учетом особенностей усовершенствованной конструкции перекрестно-точных пластинчатых рекуператоров;

- экспериментальная зависимость температурного коэффициента эффективности от числа Рейнольдса для пластинчатого рекуператора теплоты открытого типа;

- экспериментальные зависимости температурного коэффициента эффективности от модифицированного критерия Фурье и отношения водяных эквивалентов для перекрестно-точных рекуператоров.

Кроме того, на основе численного эксперимента выявлены зоны конденсации и инееобразования на основе учета теплоты фазового перехода для пластинчатых перекрестно-точных рекуператоров с целью совершенствования конструктивного решения теплообменных поверхностей.

**Практическую ценность работы** составляет разработанная автором методика построения упрощенной математической модели перекрестно-точного пластинчатого рекуператора с проверкой ее адекватности экспериментальным лабораторным данным, а также оценка степени влияния параметров воздушных потоков и геометрических особенностей теплообменников, а также практические рекомендации, направленные на повышение энергетической эффективности и надежности работы утилизаторов теплоты с перекрестно-точной схемой движения воздушных потоков. Важным практическим результатом являются предложенные автором компьютерная программа теплового расчета пластинчатого перекрестно-точного рекуператора; конструктивные решения перекрестно-точных пластинчатых



рекуператоров, повышающие температурную эффективность и обеспечивающие защиту от инееобразования.

Полученные результаты научных исследований внедрены в компьютерную программу при разработке рабочей документации на объекте строительства ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»; в учебном процессе на кафедре «Теплогасоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» используются зависимости для температурной эффективности перекрестно-точных рекуператоров, данные экспериментальных исследований и численного моделирования процессов теплопереноса в пластинчатых рекуператорах теплоты, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

### ***Степень завершенности диссертации в целом и качество ее оформления***

В целом, диссертация Вдовичева А.А. является завершенным научным исследованием, направленным на решение вопросов, связанных с разработкой конструкции перекрестно-точных пластинчатых воздухо-воздушных рекуператоров с увеличенной интенсивностью теплообмена, на основе численного моделирования и с обеспечением предотвращения инееобразования на поверхности теплообмена. В работе последовательно изложен подход к достижению поставленной цели исследования, который в полном объеме дает представление о результатах положений, выносимых на защиту.

Диссертация написана технически грамотным языком, содержательна, обладает внутренним единством и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Качество оформления диссертации соответствует нормативным положениям и требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

### ***Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации***

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. В автореферате отражены все основные проблемно-тематические блоки исследования – актуальность, цели и задачи, новизна исследования, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, степень достоверности, апробация результатов, реализация результатов работы, выводы. Структурно автореферат диссертационного исследования выстроен лаконично и обоснованно.

### ***Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы***

Личный вклад Вдовичева А.А. состоит:

- в непосредственном участии на всех этапах исследования систем утилизации теплоты удаляемого воздуха;
- в модификации лабораторного стенда при осуществлении экспериментальных исследований с проверкой согласованности полученных



результатов с данными моделирования и инженерного расчета;

– в получении зависимостей температурной эффективности от числа Нуссельта и модифицированного критерия Фурье при различных отношении водяных эквивалентов для перекрестно-точного рекуператора;

– в разработке методики построения упрощенной модели пластинчатого рекуператора теплоты в программе «ANSYS Fluent»;

– в апробации результатов исследования;

– в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

### ***Полнота опубликованных основных результатов диссертации***

Основные результаты исследований по теме диссертации в достаточном объеме отражены в 7 работах, в числе которых 4 статьи, опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 1 публикация, индексируемая в базе цитирования SCOPUS, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### ***Замечания по диссертации***

1. Следовало бы более подробно рассмотреть технологические рекомендации по изготовлению и монтажу предлагаемых конструкций.

2. с.64 – на чем основано утверждение об оптимальности (достаточности) количества ячеек при моделировании пограничного слоя?

3. В формуле 2.39 по смыслу должен быть  $+ \Delta P_{\text{выт}}$

4. С. 67 – «Так аналитический расчет уменьшает..» – результаты численного расчета, разошлись с аналитическим на 46%, поясните большой процент расхождения.

5. Для лучшего понимания нужно было привести схему расположения сечений, в которых анализируются распределения скоростей на рис.3.20 и рис. 3.21.

6. Весь набор таблиц 4.5-4.16 более показательнее было бы представить в виде серии графиков.

7. Имеется ряд замечаний редакционного характера. В тексте диссертации имеются опечатки: с.50, с.53, табл. 2.3, с.56, с.133; не расшифрованы величины -  $\delta_k$  (табл.2.4),  $BF_{II}$  (с.65).

### ***Заключение***

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы, теоретической и практической значимости выполненных исследований. Диссертационная работа является самостоятельно выполненной, законченной научно-квалификационной работой. Полученные автором результаты достоверны, а выводы обоснованы. Считаю, что на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и новое решение актуальной научной задачи по повышению энергоэффективности перекрестно-точных пластинчатых утилизаторов теплоты, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области специальности 2.1.3. – Теплоснабжение, вентиляция,



