

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.06.2024 № 3

О присуждении Тимофееву Александру Васильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности теплообменников с тепловыми трубами для систем вентиляции и кондиционирования воздуха» по специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» принята к защите 01.04.2024, протокол заседания № 2, диссертационным советом 24.2.380.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, почтовый индекс 190005, адрес организации г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09 ноября 2012 года №717/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 мая 2016 года №590/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 декабря 2017 года №124/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30 января 2019 года №37/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 27 января 2020 года № 35/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 18 ноября 2020 года №681/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

от 24 сентября 2021 года №968/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 27 ноября 2023 года №2153/нк.

Соискатель Тимофеев Александр Васильевич «04» августа 1995 года рождения.

В 2019 году окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», присвоена квалификация «Магистр».

В 2023 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 08.06.01 – «Техника и технологии строительства» по направленности «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С 2019 года по настоящее время работает в должности инженера-конструктора 3 категории в АО «ОКБ-Планета», г. Великий Новгород.

Диссертация выполнена на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Яковлев Виктор Александрович, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, доцент.

Официальные оппоненты:

Кочев Алексей Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра теплогазоснабжения, профессор, заведующий кафедрой;

Гвоздков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кафедра энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, в своем положительном отзыве, подписанном Семичевой Натальей Евгеньевной (кандидат технических наук, доцент, кафедра «Инфраструктурных энергетических систем», заведующий кафедрой) указала, что диссертационная работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, написана технически грамотным языком с соблюдением правил стилистики. Выводы по диссертации в полной мере соответствуют поставленным целям и задачам. Диссертационная работа Тимофеева Александра Васильевича «Повышение эффективности теплообменников с тепловыми трубами для систем вентиляции и кондиционирования воздуха» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические решения теплообменных аппаратов с тепловыми трубами, внедрения которых вносит значительный вклад в развитие строительной отрасли страны. По актуальности, новизне и практической значимости проведенных исследований работа отвечает требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изм. от 11.09.21 №1539), а ее автор Тимофеев Александр Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, получен 1 патент на изобретение.

Работы, опубликованные в ведущих научных рецензируемых изданиях, перечень которых размещён на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии и приравненные к ним:

1. Тимофеев, А. В. Совершенствование конструкции теплоутилизатора на тепловых трубах на основании результатов CFD – моделирования [Электронный ресурс] / А. В. Тимофеев, В. А. Яковлев // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 3(86). – С. 113–119. – URL: <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-3-113-119> (0,8 п.л., авторский вклад 50%).

2. Тимофеев, А. В. Сравнительный анализ теплофизических характеристик термосифонов применительно для систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Электронный ресурс] / А. В. Тимофеев // Известия высших учебных заведений. Строительство – 2022. – № 7(763). – С. 68–78. – URL: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-763-7-68-78> (авторский вклад 100%).

3. Тимофеев, А. В. Исследование влияния капиллярной структуры термосифона на его тепловую мощность с теплоносителями R134a, R410a, R407c [Электронный ресурс] / А. В. Тимофеев // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова. – 2023. – № 3(8). – С. 56 – 66. – URL: <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2022-8-3-56-66> (авторский вклад 100%).

Патент:

4. Патент №2799743 Российская Федерация. Способ крепления тепловых труб в трубной доске / А. В. Тимофеев, И. В. Романов, А. И. Михайлов, Р. Н. Игнатъев; заявитель и патентообладатель АО «ОКБ-Планета». – № 2022128982: заявл. 08.11.2022: опубл. 10.07.2023. – 9 с.

Работы, опубликованные в других изданиях:

5. Проектирование конструкции утилизатора теплоты с тепловыми трубами в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / А. В. Петров, А. С. Ионов, И. В. Романов, Ю. В. Килиба, А. В. Тимофеев // XVI Минский

международный форум по тепло- и массообмену: сборник тезисов докладов и сообщений. – Минск, 2021. – С. 1061 – 1062. (0,06 п.л., авторский вклад 50%).

6. Системы охлаждения на основе медных тепловых труб / Ю. В. Килиба, И. В. Романов, А. В. Тимофеев, А. В. Петров, А. С. Ионов // XVI Минский международный форум по тепло- и массообмену: сборник тезисов докладов и сообщений. – Минск, 2021. – С. 1034 – 1034. (0,03 п.л., авторский вклад 50%).

7. Сравнительный анализ конструкций теплоутилизатора с тепловыми трубами при помощи *Ansys Fluent* / А. В. Тимофеев // Современные проблемы развития Европейского Севера: материалы всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Р. В. Агиней. – Ухта. – 2023. – С. 191 – 195. (0,42 п.л., авторский вклад 100%).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», профессор кафедры «Безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве», доктор технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, профессор **Боровков Дмитрий Павлович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– достоверность полученных в программе *Ansys Fluent* расчетных значений скоростей и температур доказывается только путем сравнительным анализом расчетных характеристик аппарата. Исследование на сеточную сходимость не проводилось;

– фотография лабораторной установки, приведенная на стр. 73 не ясно отражает конструкцию и взаимное расположение элементов исследуемого устройства.

2) ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», доцент кафедры теплогазоснабжения, кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Павлов Михаил Васильевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Чем можно объяснить, что в соответствии с рисунком 2б (стр. 9) на определенном участке графика (после прохождения линией точки максимума) при росте температуры греющего теплоносителя тепловая мощность трубы не увеличивается, а, наоборот, начинается снижаться?

– Возможно, что при исследовании вопроса «повышения эффективности...» в целях дополнительного обоснования стоило на конкретном примере (например, для вентиляции общественного здания) выполнить оценку энергетической эффективности применения теплообменника с тепловыми трубами за расчетный период времени (например, за календарный год), определить экономический эффект и срок окупаемости энергосберегающего мероприятия.

3) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», доцент кафедры «Теплогасоснабжения и вентиляции», кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Фролова Анастасия Анатольевна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В работе нет информации влияет ли материал, из которого изготовлена тепловая труба, на ее коэффициент теплопередаче? Изучался ли этот вопрос? И в описании экспериментальной установки нет пояснений из какого материала выполнены тепловые трубки;

– На рисунке 4 автореферата представлена схема экспериментального стенда, в которой присутствует воздухоохладитель в приточном воздуховоде. Для какой цели он установлен?

– Какой расход и под каким давлением фреон закачивался в тепловые трубки экспериментальной установки?

4) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, и.о. заведующего кафедрой «Инженерные

системы, теплоснабжение и гидравлика», кандидат технических наук по специальности 05.04.02 – Теплоэнергетика **Логвиненко Владимир Васильевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Желательно привести реализацию применения полученных формул и зависимостей в реализованном промышленном утилизаторе теплоты АО «ОКБ-ПЛАНЕТА».

5) ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений, кандидат технических наук, доцент **Авласевич Александр Иванович**.

Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

6) ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 05.23.04 «Водоснабжения, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», доцент **Зеленцов Данила Владимирович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– На стр. 9 на рис. 2а показана зависимость мощности тепловой трубы от температуры греющего теплоносителя и накладываемые ограничения: капиллярное, по уносу жидкости, по кипению. На данном рисунке представлены не все ограничения, отсутствуют звуковое ограничение и ограничение по отводу тепла. При учете также и этих ограничений рабочая область тепловой трубы, представленная на рис. 2б, может иметь другую конфигурацию.

7) ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, научный сотрудник лаборатории рудничной аэродинамики, кандидат технических наук по специальности 25.00.20 - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, **Алферова Елена Леонидовна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Первая научная новизна звучит, как «Установлена адекватность применения периодических границ и модели турбулентности $k-\epsilon$ (Realizable) ...» и если про $k-\epsilon$ realizable модель турбулентность в автореферате сказано, что ее применение дает наименьшее отклонение результатов лабораторного эксперимента, то про использования периодических границ сказано только «была выбрана постановка задачи с периодически повторяющимся фрагментом и периодическими граничными условиями» - и все, ни почему было принято так, а не иначе, ни как в итоге оценивалась адекватность применения периодических границ не написано. Следовало ли тогда выносить это в новизну?

– На стр. 14 в сравнительном анализе полученных различными способами значений ϵ написано, что *максимальная* разность между результатами по методике Л.Л. Васильева и лабораторным экспериментом составляет 11.0 %. Здесь нет ссылки на рисунок, но в контексте предыдущих пунктов этого предложения кажется, что нужно обращаться к рисунку 5. На рисунке 5 дельта между значениями ϵ при лабораторном эксперименте и по методике Л.Л. Васильева во всем рассмотренном диапазоне числа Рейнольдса, судя по графикам, имеет один порядок и составляет 0.09 – 0.12. Значения ϵ для лабораторного эксперимента при различных Re варьируется от 0.34 для $Re=11400$ до 0.51 при $Re=1000$. Следовательно, значения ϵ отличаются на 23-26%. Соответствует ли рисунок 5 этому подпункту сравнительного анализа? Если да, то как производилась обработка результатов?

8) ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», доцент кафедры «Теплоснабжения и вентиляции», кандидат технических наук по специальности 03.00.16 «Экология», доцент **Чичириов Константин Олегович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– По тексту автореферата не ясно из какого материала сделаны элементы теплообменного аппарата и тепловые трубы;

– При каких массовых расходах воздуха производилось исследование характеристик теплообменного аппарата?

– На стр. 19 ошибочно указано выражение «критериальное выражение Нуссельта», возможно должно быть «критериальное выражение Эйлера».

9) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», заведующий кафедрой «Теплогазоснабжения и нефтегазовое дело», доктор технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Осипова Наталья Николаевна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Из автореферата не ясно, почему в качестве граничных условий для потоков приточного и вытяжного воздуха (стр. 16) были приняты для вытяжного воздуха температура плюс 25 °С и для приточного воздуха температура минус 24 °С? Для каких регионов РФ применение результатов данного моделирования будет справедливо?

10) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», заведующий кафедрой электроэнергетики и электротехники, доктор технических наук (специальность 05.14.08 – Преобразование возобновляемых видов энергии), профессор **Бекиров Эскендер Алимович**; Заведующий кафедрой инженерных систем в строительстве, кандидат технических наук (специальность 05.23.03 - Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, **Ангелюк Илья Павлович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– из автореферата, посвященного поиску адекватной модели турбулентности, не ясно какие граничные условия задавались в ходе численного эксперимента и в каких пределах они варьировались;

– из содержания автореферата, посвящённого экспериментальным исследованиям, не ясно применимы ли полученные значения (таблица 1 и 2) и

экспериментальные зависимости 11 и 12 для термосифонов с иным диаметром трубок, их длиной и толщиной пластин;

– из содержания автореферата не ясно предлагает ли автор какую-либо методику определения экономической эффективности внедрения предлагаемых результатов исследования.

11) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», профессор кафедры Отопление и вентиляция, кандидат технических наук, профессор **Малявина Елена Георгиевна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Не объяснено, почему при определении итоговой мощности тепловой трубы (рис. 2б) учтена только температура вытяжного воздуха, а расход не учтен. Не показаны эти характеристики приточного потока, влияющие на процесс нагрева;

– Не понятно, как рассчитывать коэффициент тепловой эффективности по формуле (6) при тепловых и геометрических характеристиках процесса, отличных от использованных в примере таблицы 2.

12) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный университет», доцент кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции», кандидат технических наук, доцент **Белова Елена Михайловна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– теплообменники с тепловыми трубами могут работать в режиме с выпадением конденсата на всей или части поверхности, однако автор рассматривает процессы теплообмена только для «сухого» режима;

– в автореферате есть повторы формул: формула критериальной зависимости в п.3 раздела 6 «Рекомендации...» повторяет формулу 11 раздела 4, формула критериальной зависимости в п.9 раздела 6 повторяет формулу 12 раздела 4, можно было дать ссылки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в научной и образовательных средах, в исследуемой предметной области, наличием опубликованных статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также способностью определить научную и практическую значимость исследования, спецификой и актуальностью их основных научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно обоснованные технические решения, способствующие повышению эффективности воздухо-воздушных теплообменников-утилизаторов с тепловыми трубами в системах вентиляции и кондиционирования воздуха;

предложена конструкция теплоутилизатора с новым способом крепления тепловых труб в трубной доске аппарата, обеспечивающая разделение потоков приточного и вытяжного воздуха и предотвращающая загрязнение приточного воздуха удаляемым; экспериментальная зависимость критерия Нуссельта для внешней поверхности теплообмена тепловых труб при сплошном гладком пластинчатом оребрении трубного пучка с шахматным расположением трубок при условной высоте ребер от 7,8 до 10,72 мм, относительном шаге оребрения $0,19 < s/h < 1,28$ и относительной толщине ребер $2,5 < s/\delta < 12,5$ и экспериментальная зависимость критерия Эйлера для теплообменных аппаратов с тепловыми трубами при сплошном гладком пластинчатом оребрении трубного пучка с шахматным расположением трубок при условной высоте ребер от 7,8 до 10,72 мм, относительном шаге оребрения $0,19 < s/h < 1,28$ и относительной толщине ребер $2,5 < s/\delta < 12,5$, а также соотношении $(1 - d/s'_2)/(a-1) \leq 0,24$;

доказаны адекватность применения периодических граничных условий и модели турбулентности $k-\varepsilon$ (*Realizable*) для рекуператора с тепловыми трубами приточно-вытяжных систем вентиляции; новые зависимости

термического коэффициента эффективности и аэродинамического сопротивления рекуператоров с тепловыми трубами для приточно-вытяжных систем вентиляции от шага оребрения и высоты ребра;

введена зависимость мощности тепловых труб (термосифонов) от температуры вытяжного воздуха для различных капиллярных структур фитиля при использовании хладагентов R134A, R410A, R407C.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны критериальные зависимости Нуссельта для внешней поверхности теплообмена трубного пучка при сплошном гладком оребрении с шахматным расположением трубок, расширяющие границы применимости теплообменников; критериальные зависимости Эйлера для трубных пучков теплообменных аппаратов при сплошном гладком пластинчатом оребрении с шахматным расположением трубок;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов исследования и стандартных методик, в том числе численных методов, который позволил определить характеристики теплообменного аппарата с тепловыми трубами;

изложены основные положения построения математических моделей теплового и аэродинамического режимов рекуператора с тепловыми трубами при различных относительных шагах установки теплообменных пластин и тепловых труб в приточно-вытяжных установках систем вентиляции и кондиционировании воздуха;

раскрыто влияние температуры вытяжного воздуха систем вентиляции на тепловую мощность рекуператоров с тепловыми трубами (термосифонами) при различных капиллярных структурах фитиля;

изучены принципы моделирования конструкции теплообменного аппарата с тепловыми трубами с использованием модели турбулентности $k-\epsilon$ модификации *Realizable* и периодических граничных условий, которые обеспечивают точность описания процессов теплопереноса и аэродинамики, закономерности влияния шага оребрения и высоты ребра на коэффициент

эффективности процесса теплопередачи и аэродинамическое сопротивление аппарата;

проведена модернизация теплообменного аппарата с тепловыми трубами для подогрева приточного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработана и внедрена усовершенствованная методика расчета рекуперативных утилизаторов теплоты вытяжного воздуха с тепловыми трубами в практику проектирования рабочей документации АО «ОКБ-Планета», что подтверждается актом о внедрении. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции в лекционных курсах, практических занятиях и курсовом проектировании при изучении дисциплин «Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха» (направление подготовки 08.03.01 Строительство), «Вентиляция» и «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» (направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника), «Специальные разделы отопления вентиляции и кондиционирования воздуха» (направление подготовки 08.04.01 Строительство), «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника) ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»;

определены технические характеристики предлагаемого теплообменного аппарата с тепловыми трубами с новым способом крепления тепловых труб в трубной доске, обеспечивающим разделением потоков приточного и вытяжного воздуха; пределы практического использования полученных зависимостей Нуссельта и Эйлера;

создана конструкция трубчато-пластинчатого теплообменного аппарата с тепловыми трубами с новым способом крепления тепловых труб в трубной

доске аппарата (патент РФ №2799743 Способ крепления тепловых труб в трубной доске);

представлены рекомендации по использованию рекуперативных утилизаторов с тепловыми трубами в приточно-вытяжных системах вентиляции.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовались современные высокотехнологичные установки, методы исследований и испытаний, регламентированные отечественными нормативными документами, с применением современных поверенных средств измерений; численные методы с применением программных комплексов и с учетом известных классических работ по тепломассообмену и аэродинамике, позволившие получить обоснованные и достоверные результаты;

теория основана на применении общепринятых научных подходов физико-математического описания процесса тепломассопереноса и аэродинамики в теплообменниках, теории подобия, методов численного моделирования; результаты согласуются с опубликованными данными экспериментальных исследований, полученными соискателем и другими авторами;

идея базируется на проведенном аналитическом обзоре научно-технической литературы, обобщающем фундаментальные и прикладные исследования отечественных и зарубежных ученых в области тепломассообмена, посвященные способам интенсификации тепломассообменных процессов в теплообменных аппаратах с тепловыми трубами, применяемыми в системах вентиляции и кондиционирования воздуха;

использованы данные лабораторных экспериментов, результаты научных исследований, полученные российскими и зарубежными учеными;

установлена согласованность результатов лабораторных исследований, математического моделирования и инженерного расчета;

использованы современные методики проведения исследований с использованием поверенных средств измерений, сбора и статистической

обработки данных при экспериментальных исследованиях теплообменного аппарата с тепловыми трубами, сопровождаемые достаточным количеством параллельных испытаний.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора на всех этапах исследования; в постановке задач диссертационного исследования и их решении; в исследовании и обобщении теоретических и экспериментальных материалов по теме; в разработке лабораторной установки и проведении экспериментальных исследований с обработкой полученных данных; разработке математических моделей; формулировании выводов и методик, подготовке научных публикаций и патента на изобретение по результатам исследований.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. Каким образом в автореферате были получены формулы (8), (11) и (12), какими методами?

2. Очень важно сократить переток воздуха. В чем суть вашего изобретения по существенному предотвращению перетоков?

3. Чем обосновано в данном случае применение фитильных тепловых труб, а не обычных гравитационных?

4. На рисунке 25 презентации представлены результаты исследуемой вами внешней задачи теплообмена. Каким образом задавалось изменение температуры по оси тепловой трубы?

5. По каким критериям был выбран конкретный вид капиллярной структуры?

Соискатель Тимофеев А.В. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел следующую аргументацию:

1. Формулы 8, 11 и 12, это формулы, используемые по методике Васильева, критериальное выражение Нуссельта, пример тоже из методики Васильева. По результатам экспериментов мы определили коэффициент теплопередачи и при помощи него определили постоянную при числе Рейнольдса для исследованных рекуператоров. Таким образом, на основе

выражения 10 вывели выражение 11 для определения критерия Нуссельта исследуемых рекуператоров.

2. Рассмотрены способы установки тепловых труб, существующие, в трубной доске аппарата. Как я говорил ранее, чаще всего используются сальниковые уплотнители, как наиболее простые, но они обладают сравнительно низкой герметичностью и надежностью. И был разработан способ крепления при помощи диффузионной сварки. Как известно, сварка является наиболее герметичным способом крепления. И в результате мы получили наиболее герметичное и надежное крепление тепловых труб в трубной доске.

3. В исследовании были использованы гравитационные тепловые трубы - термосифоны. Дополнительно внутренняя часть тепловых труб имела капиллярную структуру в виде прямоугольной, треугольной и Ω - образной канавок для увеличения тепловой мощности, передаваемой трубами.

4. Тепловая труба у нас была представлена в виде монолитного стержня. Задавался коэффициент теплопроводности трубки, определенный по тепловой мощности.

5. Из соображений наибольшей тепловой мощности в рабочем температурном диапазоне тепловых труб.

На заседании 17 июня 2024 года диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи по повышению эффективности теплообменников с тепловыми трубами для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, присудить Тимофееву Александру Васильевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.1.3 Теплоснабжение, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжение и освещение, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав

совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:
за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дацюк Тамара Александровна

Пужкал Виктор Алексеевич

«17» июня 2024 года