

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.07,
созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет», Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «25» января 2024 г. № 3
(дата)

О присуждении Петровой Надежде Павловне, гражданки Российской Федерации, **ученой степени кандидата технических наук.**

Диссертация «Интенсификация конвективного теплообмена в каналах калорифера переменного сечения с использованием наложенных пульсаций потока», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника, **принята к защите** 02.11.2023 (протокол заседания № 2) **диссертационным советом** 24.2.286.07, созданным на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, приказ о создании диссертационного совета №1348/нк от 24 октября 2022г .

Соискатель Петрова Надежда Павловна, 14.08.1994 года рождения, в 2016 г. окончила ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» с присвоением квалификации бакалавр по направлению «Строительство». С 2016 по 2018 гг. проходила обучение в магистратуре по направлению «Строительство» в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». С 2018 по 2022 гг. обучалась в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника». В настоящее время работает инженером в ООО «ЭКОЛОС».

Диссертация выполнена на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Цынаева Анна Александровна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», доцент.

Официальные оппоненты:

Мингалеева Гузель Рашидовна – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», заведующий кафедрой «Энергетическое машиностроение»;

Мракин Антон Николаевич кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», доцент кафедры «Промышленная теплотехника»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск в своем положительном отзыве, подписанными Ковальновым Владиславом Николаевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Тепловая и топливная энергетика» и Замалеевым Мансуром Масхутовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция имени В.И. Шарапова» указала, что в диссертации решена важная научно-практическая задача по повышению интенсивности теплообмена в калориферах, по своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, научной и практической значимости полученных результатов и личному вкладу автора полностью соответствует критериям, установленным п.9-14 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842 (в. Ред. Постановлений Правительства РФ от 21. 04.16 №335, от 02.08.2016 №748), а ее автор Петрова Надежда Павловна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы.

В работах лично автору принадлежат: постановка задачи, выбор и разработка метода исследования, обработка и обобщение полученных результатов исследования, рекомендации по проектированию и расчету калориферов с конфузorno-диффузорными каналами с наложением пульсаций потока, формирование выводов и заключения, внедрение результатов диссертационного исследования в учебный процесс в «Самарском государственном техническом университете» и в производственную деятельность ООО «НЕОВЕНТ» для расчета калориферов при проведении проектных работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Петрова Н.П. Разработка и исследование модернизированного теплообменника КМС-2 / Н.П. Петрова, А.А. Цынаева // Промышленная энергетика. – 2021. – №3. – С.39–43.

2. Петрова Н.П. Численное исследование теплообмена в канале теплообменника с градиентом давления / Н.П. Петрова, А.А. Цынаева // Тепловые процессы в технике. – 2019. – №12 (11). – С.532–540.

3. Патент на изобретение РФ 2784163 Теплообменная поверхность / Н.П. Петрова, А.А. Цынаева (РФ); F28F 13/00. Заявитель ФГБОУ ВО "Самарский государственный технический университет. Бюл. №33. Опубликовано 23.11.2022.

4. Патент на полезную модель РФ 21254 Теплообменная поверхность / Н.П. Петрова, А.А. Цынаева; F28F 13/00. Заявитель ФГБОУ ВО "Самарский государственный технический университет. Бюл. №19. Опубликовано 08.07.2022.

5. Патент на изобретение РФ 2794711 Способ интенсификации конвективного теплообмена / Н.П. Петрова, А.А. Цынаева; F28F 3/02, F28F 3/10, F28F 3/12. Заявитель ФГБОУ ВО "Самарский государственный технический университет.

Бюл. №12. Опубликовано 24.04.2023.

В опубликованных работах полностью изложены основные научные результаты диссертационного исследования. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов (все отзывы положительные), в них содержатся следующие **замечания**:

1. Кузма-Кичта Ю.А., д.т.н., профессор, «Национальный исследовательский университет «МЭИ»: нет сравнения полученных результатов с данными расчета с помощью коммерческого обеспечения; не обосновано использование выбранной модели турбулентности.

2. Терехов В.И., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Золотухин А.В., к.т.н., инженер-исследователь «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН»: в первом пункте научной новизны присутствует фраза «Верифицированный метод численного исследования при переходном режиме теплообмена...». Следовало бы объяснить, что подразумевалось перед термином «переходные режим теплообмена»; в первом разделе (стр.6) говорится от том, что автором был проанализирован рост отпуска тепловой энергии котельными мощностью от 20 до 100 Гкал/ч за период с 2012 по 2021 гг., но не говорится какой регион, страну или группу стран охватывает этот анализ, что ставит под сомнение утверждение, что «количество котельных за этот же период практически не изменилось»; в автореферате нарушена нумерация рисунков: после рис.4 идет 6. рисунок под номером 5 отсутствует; на стр. 12 автор пишет следующее «Характер изменения относительного коэффициента теплоотдачи совпадают с данными, представленными в работе В.Г. Лущика для диффузорных каналов», однако самого сравнения не приводит, что следовало бы сделать на рис.7 в подтверждение сказанному; Не до конца понятно, почему на рис.11 теплогидравлическая эффективность для канала с четырьмя участками и пульсациями частотой 100 Гц (ускорение) имеет столь высокие показатели (3,3-4,5), в то время как остальные

случаи находятся в районе 0,5-1,5 во всем исследуемом диапазоне чисел Рейнольдса. Автором практически не объясняется процесс, который приводит к такому результату, так же, как и не говорится, возможно ли столь существенное повышение теплогидравлической эффективности за счет средств воздействия на поток резонаторов и переменного градиента давления в канале в реальном эксперименте. Интересно было бы увидеть сравнение результатов представленного в работе гибридного метода воздействия на поток с данными из работ других авторов.

3. Любов В.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Теплоэнергетики и теплотехники» ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет М.В. Ломоносов»: какова погрешность численных расчетов; в автореферате не указаны отличия предлагаемых решений для теплообменной поверхности от аналогов.

4. Грибков А.Н., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», Рогов И.В., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»: в качестве замечания необходимо отметить, что из текста автореферата не ясно, какая определяющая температура и какой определяющий размер использовались для критериальных уравнений (17) и (18), а также не указано как на практике рассчитывать для этих уравнений формпараметр, относительную амплитуду и коэффициент ускоренности.

5. Коврижных Е.Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Лётной эксплуатации и безопасности полётов» ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»: из автореферата не ясно, каким методом получены критериальные уравнения; из автореферата не ясно, применимы ли данные методы интенсификации теплообмена в установках подогрева воздуха летательных аппаратов.

6. Слюсарев М.И., д.т.н., профессор, доцент ФГКВБОУ ВО «Военный учебно-научный центр Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»: в автореферате имеются неточности – так в уравнении состояния (7) и в формулировке краевых условий на с. 8 автореферата используется одно и тоже обозначение t для температуры,

которая на с.8 определяется в градусах Цельсия, в то время как в уравнении (7) должна использоваться термодинамическая температура в кельвинах; из рис.7 автореферата не вполне понятно, какой физический смысл имеют отрицательные значения относительного коэффициента сопротивления и как полученный результат соотносится с формулой (18), определяющей гидравлический потери в каналах калорифера, под которыми обычно понимают потери полного давления по длине и на местные сопротивления и которые в соответствии с формулой (18) принимают положительные значения.

7. Егоров Р.И., д.ф.-м.н., научный сотрудник Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»: согласно рис.1, геометрия каналов теплообменника была выбрана так, чтоб переменное сечение реализовывалось только в одной плоскости. Хотелось бы увидеть какие-то оценки эффекта интенсификации теплообмена для конических каналов; в автореферате приведена оценка роста теплогидравлической эффективности в диапазоне чисел Рейнольдса 3000-6000 (Рис.11), а оценка изменения локальных коэффициентов теплоотдачи (Рис.4) – в диапазоне $Re=20000-200000$, что явно усложняет восприятие представленных результатов.

8. Губарев В.Я., к.т.н., заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», «Липецкий государственный технический университет»: весьма спорным представляется утверждение (с.6), что «повышенный отпуск теплоты на котельных требовал работы оборудования на предельно допустимых параметрах, что требует увеличение КПД котельных установок». Для современных котельных установок увеличение КПД возможно не более чем на несколько процентов; совершенно непонятно резкое падение в 3-5 раз локального коэффициента теплоотдачи на рис.8 в первом сечении диффузорного и конфузорного канала (как кривые 4,5,6, так и кривые 7, 8, 9) и отсутствие его в последующих сечениях сопряжения; наименование рис.9 «Распределение формпараметра ...» не соответствует представленной зависимости; в тексте автореферата нет определения коэффициента ускоренности; показатель степени числа Струхала в формуле 17

(0,9) не соответствует приведенному на рис.13 (0,19); в автореферате указан широкий диапазон параметров, входящих в уравнение 17, что дает изменение критерия Нуссельта в 8 раз, не указано при каких именно параметрах и для каких каналов (в работе представлены 6 вариантов) получена зависимость коэффициента теплоотдачи от критерия Рейнольдса по разработанному уравнению представленная на рис.13; отсутствуют рекомендации по выбору параметров при использовании уравнений 17 и 18 для разработки теплообменников с использованием результатов исследования.

9. Печенегов Ю.Я., д.т.н., профессор кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» Энгельский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»: Следовало бы внимательнее составлять текст автореферата, не допуская ошибок и неточностей. В частности, на рис.2 координата «х» с чертой сверху» в принятом написании по тексту автореферата не разъясняется. Нет оцифровки на шкале давления. Значки давления имеют разное изображение в обозначениях и на поле графика. В целом построение рис.2 не способствует наглядности; На рис.3 для конфузора фиксированным параметром принята скорость 6,7 м/с. Что за скорость и к какому сечению канала относится? Ранее по тексту называлась принятое в анализе другое значение скорости в узком сечении канала 10м/с.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью в области теплофизического эксперимента, теории подобия и положений теории тепломассообмена, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обоснован ее достижениями в области развития теории тепломассообмена и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, а также ее согласием. Научно-исследовательская деятельность структурного подразделения «Тепловая и

топливная энергетика» соответствует теме диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** методика проведения вычислительного эксперимента для исследования каналов калориферов с использованием переменного сечения с учетом пульсаций потока;

– **предложены** критериальные уравнения для расчета теплообмена и гидравлического сопротивления в каналах калориферов переменного сечения с учетом пульсаций потока;

– **доказано**, что теплогидравлическая эффективность по сравнению с прямым каналом понизилась для конфузора до 39% и повысилась для диффузора до 30%, для каналов переменного сечения, состоящих из двух или четырех участков до 39%. При реализации гибридного метода интенсификации теплообмена на основе совместного воздействия наложенных пульсаций потока и знакопеременного градиента давления теплогидравлическая эффективность каналов калориферов повышается до 70 % в режиме ускорения и до 15% в режиме торможения по сравнению с каналом в стационарном режиме без наложения пульсаций потока;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **доказана** возможность интенсификации конвективного теплообмена с использованием каналов переменного сечения с наложением пульсаций потока в калориферах;

– **применительно** к проблематике диссертации использован: метод численного интегрирования систем дифференциальных уравнений с соответствующими краевыми условиями, позволивший идентифицировать основные закономерности тепломассопереноса в каналах калориферов переменного сечения с одновременным наложением пульсаций потока;

– **изложены** критериальные соотношения, определяющие режимы интенсификации;

– **раскрыты** основные факторы, влияющие на интенсивность теплообмена: относительная амплитуда, частота пульсаций, формпараметр, коэффициент ускоренности потока теплоносителя в каналах калориферов переменного сечения с одновременным наложением пульсаций потока;

– **изучены** основные закономерности процессов тепломассобмена в каналах калориферов переменного сечения с одновременным наложением пульсаций потока;

– **проведена модернизация** граничных условий для учета переменной степени турбулентности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **разработаны и внедрены** обобщающие критериальные уравнения для теплового и гидравлического расчетов при проектировании каналов калориферов переменного сечения с одновременным наложением пульсаций потока;

– **определены** перспективы применения предложенных конструкций поверхностей проточных элементов в производственную деятельность ООО «НЕОВЕНТ» и в учебном процессе «Самарском государственном техническом университете»;

– **создана** методика расчета калорифера с каналами переменного сечения и одновременным наложением пульсаций потока;

– **представлена** новая конструкция теплообменных элементов и способа интенсификации конвективного теплообмена.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **для экспериментальных работ** использовалось сопоставление результатов численного исследования с результатами экспериментальных исследований других авторов, тестированием используемого для численного исследования свободного программного обеспечения;

– **теория** построена на фундаментальных законах явлений переноса и теплообмена;

– **идея базируется** на создании дополнительных механизмов увеличения интенсивности турбулентных пульсаций в потоке теплоносителя;

– **использовано** сравнение полученных результатов с результатами экспериментальных исследований Э.Я. Эпик и расчетом по критериальным уравнениям А. А. Жукаускаса и Ф.В. Василева;

– **установлено, что** выполненное сравнение результатов расчета с обобщенными данными Э.Я. Эпик, А. А. Жукаускаса и Ф.В. Василева показывает качественное и количественное соответствие результатов расчетов с ошибкой, не превышающей 10 %;

– **использован** программный комплекс Code_Saturne и RANS подход к моделированию турбулентных течений;

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задачи; выборе и разработке метода исследования; обработке и обобщении полученных результатов исследования; рекомендациях по проектированию и расчету калориферов с конфузorno-диффузорными каналами с наложением пульсаций потока; формировании выводов и заключения; внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс в «Самарском государственном техническом университете» и в производственную деятельность ООО «НЕОВЕНТ» для расчета калориферов при проведении проектных работ.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Необходимо увеличение объема экспериментального материала для более детального подтверждения предложенного метода интенсификации;
2. Применение модели турбулентности требует уточнения условий использования;
3. Необходима оценка сеточной сходимости использованных численных методов.

Соискатель Петрова Н.П. согласилась с замечаниями, и учтет их в дальнейшей работе.

На заседании 25.01.2024 диссертационный совет принял решение за разработку гибридного метода интенсификации теплообмена в диффузорно-конфузорных каналах калорифера с наложением пульсаций потока присудить Петровой Надежде Павловне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав диссертационного совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 10, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета




Ряжских В.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета


Ряжских А.В.

25.01.2024