

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»,

доктор технических наук


В.К. Драгунов

«_____» _____ 2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Национальный исследовательский университет
"МЭИ"

на диссертацию Французова Максима Сергеевича «Разработка метода оценки
эффективности интенсификации конвективного теплообмена в каналах»,
представленную на соискание ученой кандидата технических наук по
научной специальности 1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертация Французова Максима Сергеевича посвящена расчетному,
экспериментальному и сравнительному исследованию эффективности
нескольких способов интенсификации конвективного теплообмена в каналах,
направленна на развитие методов оценки эффективности интенсификации
теплообмена при проектировании теплообменных устройств.

В большинстве случаев теплообменное оборудование подбирается,
исходя из утилитарных требований по его использованию. При этом
эффективность того или иного способа интенсификации конвективного
теплообмена определяется за счет удовлетворительного в зависимости от
назначения уровня прироста теплоотдачи и сопутствующего роста

Отдел документационного
обеспечения МАИ

20-03-2023

гидравлического сопротивления. За счет использования высокоэффективных способов интенсификации теплообмена можно существенно снизить массу и объем теплообменного аппарата.

Основное содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа содержит 207 страниц текста, включая 118 рисунков и 9 таблиц. Список используемой литературы содержит 123 наименования.

Во введении дано обоснование актуальности диссертации; сформулирована цель и основные задачи работы; описан предлагаемый автором подход к решению поставленных задач, дается краткое изложение содержания диссертации.

В ходе выполненного автором обзора в первой главе рассматриваются различные способы интенсификации конвективного теплообмена, представлены области их применения для различных практических приложений. Рассмотрены способы интенсификации с помощью искусственной шероховатости, ленточного спирального завихрителя, сферических лунок. Автором выделены основные виды тепловой защиты теплонапряженных элементов конструкции, среди которых особое внимание уделено системе активного проточного охлаждения. Первая глава завершается описанием различных подходов к оценке эффективности интенсификации конвективного теплообмена в каналах.

Во второй главе представлены результаты решения, с помощью компьютерного моделирования, сопряженной задачи теплообмена для единичного канала активной системы охлаждения. Рассматривались две геометрические конфигурации канала: с гладкой теплоотдающей стенкой и со стенкой, имеющей интенсификацию теплообмена в виде прямоугольных периодических выступов. Автору удалось показать, на основании проводимого расчетного исследования, что сравнимые температуры стенки при одинаковых тепловых потоках достигаются при разных расходах

рабочего тела. Эти результаты стали основанием для оценки целесообразности применения интенсификации конвективного теплообмена в каналах активной системы охлаждения, основанный на располагаемом хладоресурсе.

В третьей главе на основании компьютерного моделирования получены тепловые и гидравлические характеристики для различных способов интенсификации теплообмена: спиральная проволока, скрученная лента, одновременно спиральная проволока и скрученная лента, система плоских профилей, установленных вдоль оси канала поперек потока. Проведено сравнение результатов моделирования с результатами других авторов на основании критериальных зависимостей. Разработан метод оценки эффективности интенсификации теплообмена, на основании модификации метода Г.А. Дрейцера, использующего интегральные характеристики теплообменного аппарата. Выполнена верификация разработанного метода оценки с результатами компьютерного моделирования.

В четвертой главе представлены результаты экспериментального исследования способов интенсификации теплообмена, рассматриваемых в главе 3. Приведены данные по разработке экспериментального стенда и метрологическому обеспечению измерений. С особым вниманием автором описаны результаты исследования способа интенсификации с помощью самоподдерживающихся акустических колебаний при обтекании плоских профилей. Дано сравнение возникающих частот колебаний, полученных в эксперименте и расчетном исследовании, установлено, что разница не превосходит 10%. Разработанный метод оценки эффективности интенсификации теплообмена апробирован на основании экспериментальных исследований.

В заключении формулируются основные выводы по результатам проведенных в диссертации исследований.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены тепловые и гидравлические характеристики различных способов интенсификации теплообмена в каналах на основании высокоуровневого численного моделирования для широкого диапазона изменения режимов течения и геометрических параметров.

2. Впервые с использованием численного моделирования получены тепловые и гидравлические характеристики нестационарного способа интенсификации теплообмена за счет самоподдерживающихся акустических колебаний.

3. Выполнена комплексная валидация, с использованием результатов собственных экспериментов, и верификация тепловых и гидравлических характеристик различных способов интенсификации в каналах.

4. Впервые разработан и экспериментально апробирован интегральный метод оценки эффективности интенсификации теплообмена, на основании параметров, характеризующих объект в целом.

5. На основании разработанного метода оценки эффективности интенсификации конвективного теплообмена в каналах осуществлен анализ эффективности различных способов интенсификации теплообмена.

Обоснованность научных положений, достоверность полученных результатов работы подтверждаются.

1. Использованием фундаментальных уравнений и законов газовой динамики, термодинамики, теории тепломассообмена и теории горения.

2. Удовлетворительным согласованием результатов расчета с проведенными экспериментами и данными исследований других авторов.

3. Удовлетворительным согласованием полученных результатов по разработанной методике оценки эффективности интенсификации теплообмена с результатами детального численного моделирования течения и теплообмена в каналах.

Личный вклад автора

При выполнении диссертационной работы автор принимал непосредственное участие в получении следующих результатов:

- Разработка метода расчёта теплообмена и гидродинамики для различных способов интенсификации конвективного теплообмена;

- Оценка целесообразности применимости интенсификации конвективного теплообмена в активных системах охлаждения;
- Разработка метода оценки эффективности интенсификации теплообмена в каналах;
- База данных тепловых и гидравлических характеристик различных способов интенсификации теплообмена, прошедших верификацию и валидацию, на основании авторских экспериментов;
- Разработка и создание экспериментального стенда для исследования различных способов интенсификации конвективного теплообмена в круглой трубе.

Практическая значимость результатов исследований состоит в следующем.

1. Метод компьютерного моделирования и алгоритм расчета теплообмена в модельных каналах с учетом интенсификации теплообмена позволяет напрямую оценивать влияние параметров режимов течения и геометрических характеристик интенсификаторов на интегральные параметры.

2. Методика оценки эффективности интенсификации теплообмена позволяет оперативно определять эффективность способа интенсификации теплообмена в терминах интегральных характеристик канала и может быть использована в инженерной практике.

3. База данных тепловых и гидравлических характеристик различных способов интенсификации теплообмена в каналах, полученная на основании компьютерного моделирования, прошедшая валидацию и верификацию, может использоваться в научно-исследовательских, проектно-конструкторских организациях при проектировании и разработке теплообменных аппаратов.

4. Методика проведения экспериментального исследования и алгоритм обработки экспериментальных данных позволяет определять эффективность различных способов интенсификации теплообмена на основании интегральных характеристик.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. В главе 2 при оценке полного хладоресурса рабочего тела, рассматривается только подогрев охладителя, при этом не производится оценка возможности протекания эндотермических химических реакций.

2. При проведении численного моделирования в третьей главе отсутствуют оценки влияния нестационарности во всех способах интенсификации, кроме самоподдерживающихся акустических колебаний.

3. Не даны границы применимости разработанного автором метода оценки эффективности интенсификации теплообмена.

4. В экспериментальном исследовании не представлены погрешности определения безразмерного коэффициента теплоотдачи – числа Нуссельта и коэффициента гидравлического сопротивления.

Сделанные замечания не снижают актуальность и значимость полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку работы. Несмотря на имеющиеся замечания, работа выполнена на высоком научном уровне, а проведенные в работе исследования научно-обоснованы и имеют практическую значимость в области гидродинамики и теплообмена.

Основные результаты работы в достаточной степени отражены в научных публикациях, представленных соискателем ученой степени.

Диссертационная работа Французова Максима Сергеевича «Разработка метода оценки эффективности интенсификации конвективного теплообмена в каналах» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая посвящена актуальной научной проблеме, имеющей практическое и теоретическое значение. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Автореферат соответствует и в полном объеме отражает содержание диссертации. По научному уровню, полученным результатам, актуальности, практической и теоретической значимости, оформлению и содержанию диссертация полностью соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской


Федерации № 842 от 24.09.2013 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации № 426 от 20 марта 2021 г.) Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тема и содержание диссертации полностью соответствуют специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника. Автор работы, Французов Максим Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диссертация обсуждена на расширенном заседании кафедры теоретических основ теплотехники им. Вукаловича, протокол №7 от 14 марта 2023 г.

д.т.н., профессор кафедры
теоретических основ теплотехники
им. Вукаловича ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Подпись Сухих Андрея Анатольевича
удостоверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

 А.А. Сухих
15.03.2023

 И.В. Кузовлев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Национальный исследовательский университет
"МЭИ"

111250, Россия, г. Москва,
Красноказарменная улица, дом 14.
Тел. 8 (495) 362-70-01
E-mail: sukhikhaa@mpei.ru
Сайт: <https://mpei.ru>

С отзывом ознакомлен
20.03.2023

Фрэнк