

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Миронова Александра Александровича на тему «Теплообмен и гидродинамика при течении однофазного теплоносителя в щелевых каналах с поверхностными вихрегенераторами различной формы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

Актуальность темы исследования

Работа посвящена поиску форм интенсификаторов и разработке рекомендаций по оценке тепловой и теплогидравлической эффективности их использования в плоских щелевых каналах для повышения КПД теплотехнических установок, сокращения энергопотребления, снижения металлоемкости. Автором доказано, что действенным способом повышения эффективности теплотехнических установок является использование поверхностных вихрегенераторов различных форм.

Тема диссертации находится в русле приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ (1. Высокоэффективная и ресурсосберегающая энергетика). В работе разрабатываются критические технологии РФ (20. Экологически чистые технологии эффективной добычи и глубокой переработки стратегических и дефицитных видов полезных ископаемых).

Рассматриваемая диссертация относится к актуальным в настоящее время исследованиям по поиску новых рациональных форм интенсификаторов теплообмена. Работы по поиску формы, обеспечивающей сопоставимый, а желательно опережающий прирост теплоотдачи по сравнению с гидравлическим сопротивлением, вызывают огромный интерес у производителей и потребителей теплообменного оборудования различного назначения. Таким образом тематика диссертационной работы Миронова А.А. обладает актуальностью и новизной.

Оценка содержания диссертации

Структура диссертации построена по общепринятой схеме. Она состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Полный объем

диссертации составляет 179 страниц. Список литературы содержит 166 наименования.

Во введении (8 страниц) обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи диссертации, излагается научная новизна и практическая значимость результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту, обоснована достоверность полученных результатов и описан личный вклад автора работы.

В первой главе (33 страницы) приведен обзор литературы, создающий представление о исходном и современном состоянии исследований по теме диссертации. На основе проведенного обзора литературы и критического анализа научных результатов других авторов обосновываются цели и задачи исследования.

Вторая глава (26 страниц) посвящена описанию комплекса экспериментальных стендов, методик проведения и обработки экспериментов, оценки неопределенности измерений, результатов тестовых экспериментов. Описаны несколько экспериментальных установок: для визуализации течений в окрестности выемок, проведения тепловизионных исследований, исследования гидродинамики и теплообмена в каналах с вихрегенераторами. Разработаны и описаны методики проведения опытов и обработки экспериментальных данных. Для проверки достоверности выполнено сравнение экспериментальных данных по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению в пустых гладкостенных каналах с результатами расчетов по известным из литературных источников зависимостям. Показано, что предложенные установки, методики проведения и обработки данных позволяют получать достоверные результаты.

В третьей главе (32 страницы) рассмотрены результаты экспериментального исследования гидравлического сопротивления и теплоотдачи в каналах с системами овально-траншейных выемок, дано описание уровней интенсификации теплоотдачи, оценена теплогидравлическая эффективность, даны рекомендации по рациональным размерам вихрегенераторов и расчетной оценке гидравлического сопротивления и теплоотдачи в щелевых каналах с ними.

На основе анализа физических процессов в сферических и овальных выемках различного удлинения предложена конструкция перспективной формы интенсификаторов в виде овально-траншейных выемок, наклоненных под углом к набегающему потоку.

Для наиболее технически перспективного диапазона геометрических параметров выемок и турбулентного режима течения получены уравнения для коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи в канале с однорядным расположением овально-траншейных углублений.

В четвертой главе (16 страниц) рассмотрены результаты экспериментального исследования гидравлического сопротивления и теплоотдачи в каналах с системами овально-дуговых выемок, дано описание уровней интенсификации теплоотдачи, оценена теплогидравлическая эффективность, даны рекомендации по рациональным размерам вихрегенераторов и уровням интенсификации теплоотдачи в щелевых каналах с ними. На основе визуализации обтекания овально-дуговых выемок показаны преимущества выемок, а именно, более интенсивная закрутка потока в выемках, повышающая скорость потока в них, ликвидация застойных зон.

Теплогидравлическая эффективность каналов с овально-дуговыми выемками на 23 и 14% выше, чем для овально-траншейных выемок при одно- и многорядном расположении, соответственно.

Установлено, что основной механизм интенсификации в овально-дуговых выемках – увеличение скорости вихревых структур в выемке и скорости основного потока на границе пограничного слоя в следе, зависящие только от относительного удлинения выемки, и периодическое разрушение пограничного слоя с повышением теплоотдачи в области присоединения потока по задней кромке выемки.

Пятая глава (29 страниц) содержит результаты численного моделирования гидравлического сопротивления и теплоотдачи в каналах с системами выемок в форме бумеранга, описание уровней интенсификации теплоотдачи, оценку теплогидравлической эффективности, рекомендации по рациональным размерам вихрегенераторов. Предложена и запатентована конструкция нового по форме поверхностного интенсификатора в виде периодически нанесенных выемок в виде бумерангов. Анализ теплогидравлических характеристик теплообменных каналов с предложенным поверхностным интенсификатором теплоотдачи в виде выемки в форме бумеранга проводился на основе результатов численного моделирования, выполненного с использованием многоблочных вычислительных технологий.

Выполненное сравнение предлагаемой конструкции теплообменной поверхности с выемками в форме бумеранга по теплогидравлической

эффективности с поверхностью с овально-траншейными выемками показало преимущество выемок в форме бумеранга при соблюдении рекомендуемых геометрических соотношений размеров выемки.

В *заключении* (2 страницы) приведены основные результаты работы.

В *приложениях* (2 страницы) приведен акт внедрения результатов диссертации и информация о 3-х патентах по результатам работы.

Цель и основные задачи исследований. Цель работы заключалась в разработке рекомендаций для прогнозирования теплоотдачи и гидравлического сопротивления при вынужденной конвекции теплоносителя в щелевых каналах с поверхностными вихревыми интенсификаторами на основе экспериментального и численного моделирования. Основными задачами исследования являлись:

1. Выполнить анализ современного состояния исследований по тематике диссертации.

2. Провести экспериментальное исследование гидравлического сопротивления и теплоотдачи в условиях вынужденной конвекции в щелевых каналах с поверхностными вихрегенераторами для определения зависимости величин коэффициентов теплоотдачи и сопротивления от режимных параметров.

3. Получить экспериментальные данные о распределении локальных температур и визуализацию течения для обоснования механизмов интенсификации теплоотдачи.

4. Верифицировать результаты численных исследований С.А. Исаева по поверхностным вихревым интенсификаторам на основе полученных экспериментальных данных.

5. Провести численное исследование теплоотдачи и гидравлического сопротивления в каналах с поверхностными интенсификаторами нового типа.

6. Разработать рекомендации для прогнозирования уровня интенсификации теплоотдачи и повышения коэффициентов гидравлического сопротивления в условиях вынужденной конвекции в щелевых каналах.

Основная научная новизна диссертационного исследования и полученных результатов заключается в следующем:

1. Предложены и запатентованы новые формы поверхностных интенсификаторов в виде овально-траншейных, овально-дуговых выемок и выемок в форме бумеранга;
2. Выполнено экспериментальное исследование картин течения, гидравлического сопротивления и теплоотдачи в условиях вынужденной конвекции в щелевых каналах с различными поверхностными вихрегенераторами;
3. Определены зависимости величин коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления от режимных и геометрических параметров для однорядных систем овально-траншейных выемок;
4. Проведено численное исследование теплоотдачи и гидравлического сопротивления в каналах с поверхностным интенсификатором в виде бумеранга;
6. Разработаны рекомендации для прогнозирования уровня интенсификации теплоотдачи и повышения коэффициентов гидравлического сопротивления в условиях вынужденной конвекции в щелевых каналах.

Практическая значимость работы. Полученные в проведенных исследованиях научные результаты могут использоваться для расчета и проектирования теплотехнических установок, систем охлаждения энергетического оборудования и теплообменных аппаратов на основе разработанных рекомендаций по выбору рациональных геометрических параметров поверхностных интенсификаторов теплообмена. Работа реализовывалась при поддержке грантов Министерства науки и высшего образования РФ и ряда грантов РФФИ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением сертифицированного и тарированного оборудования, средств измерения с соответствующим уровнем точности, оценкой неопределенностей измерений, использованием современных программных комплексов и компьютерных технологий, а также техники для обработки данных, сравнением их с результатами для базовой гладкой поверхности с известными работами.

Апробация работы. Научные результаты диссертации Миронова А.А. доведены до широкого круга специалистов. Так, по теме диссертационной работы опубликовано 32 работы, из них 5 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по специальности диссертации, 4 – в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS, 1 – в международном рецензируемом научном журнале, 19 – в материалах докладов на международных и всероссийских конференциях, 3 патента РФ на изобретения.

Тема и содержание диссертации соответствует заявленной специальности 2.4.6. «Теоретическая и прикладная теплотехника» по пунктам паспорта специальности: 4 – «Процессы переноса массы, импульса и энергии при свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей и характеристик теплопередающих поверхностей, в одно- и многофазных системах и при фазовых превращениях»; 5 – «Научные основы и методы интенсификации процессов тепло- и массообмена и тепловой защиты».

Считаю, что цель и все поставленные в работе задачи решены в полном объеме и на высоком научном уровне. Работа широко апробирована. Но к работе есть ряд пожеланий и замечаний, которые не снижают общей положительной оценки представленной работы.

Замечания и вопросы по диссертации

1. Необходимо уточнить некоторые параметры экспериментальных исследований. Оценивалась ли величина шероховатости поверхностей с вихрегенераторами? Каковы значения степени (масштаба) турбулентности потока в опытах? Из каких соображений были выбраны геометрические размеры исследуемых в работе щелевых каналов?

2. По каким причинам не проводились экспериментальные исследования для каналов, имеющих поверхность с выемками в форме бумеранга?

3. В работе установлено, что параметр теплогидравлической эффективности каналов с поверхностными вихрегенераторами при определенных условиях может достигать значения 1,37. Сохранится ли

значение этого параметра при значительном изменении геометрии канала в большую или меньшую сторону?

4. Необходимо уточнить границы применимости полученных уравнений 3.1 и 3.2 (диапазон чисел Рейнольдса, типы жидкостей, геометрия и т.д.).

5. Возможно ли применение овально-дуговых выемок и выемок в форме бумеранга в круглых (цилиндрических) каналах с нанесением выемок на внутренней и/или внешней поверхностях? Сохранится ли теплогидравлическая эффективность в этом случае?

6. Необходимо уточнить расчетную формулу для определения теплогидравлической эффективности каналов с поверхностными вихрегенераторами, поскольку формулы в тексте диссертации имеют различный вид, например, на стр. 98 и стр. 146.

7. В тексте диссертации имеются опечатки и шероховатости стилистического и оформительского плана, не влияющие в целом на понимание и восприятие работы.

Все изложенные пожелания и замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной значимости полученных научных результатов работы.

Заключение

В целом, диссертационная работа Миронова Александра Александровича представляет собой законченное научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на высоком уровне. В диссертационной работе разработаны рекомендации по повышению теплогидравлической эффективности теплотехнических систем и оборудования за счет использования новых форм поверхностных вихрегенераторов в виде систем овально-траншейных, овально-дуговых выемок и выемок в форме бумеранга.

Содержание работы соответствует поставленной цели и задачам. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Теплообмен и гидродинамика при течении однофазного теплоносителя в щелевых каналах с поверхностными вихрегенераторами различной формы» соответствует требованиям в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства

РФ от 24 сент. 2013 г. N 842)., а ее автор, Миронов Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

Плотников Леонид Валерьевич,
доктор технических наук по специальности
01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»,
доцент, профессор кафедры турбин и двигателей
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ).
620062, Свердловская область, г. Екатеринбург,
ул. Мира, д. 19
Тел.: +7 9222916450
E-mail: L.V.Plotnikov@urfu.ru
Веб-сайт: <https://urfu.ru/ru/>

Подпись Плотникова Л.В. заверяю:

Ученый секретарь УрФУ



Вера Анатольевна
Морозова


03.12.2024г.