

Утверждаю

Ректор

ФГБОУ ВО РГАТУ
имени П.А. Соловьева
д.т.н., профессор

Полетаев В. А.

«14» ноября 2016



**ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**на диссертационную работу
Поповой Татьяны Валерьевны**

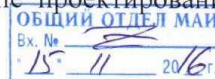
**«Разработка методики проектирования, расчета и изготовления
теплообменного аппарата для малоразмерных ГТД с регенерацией тепла»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.07.05 –
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных
аппаратов»**

Общие сведения о диссертационной работе

Рассматриваемая диссертационная работа Поповой Т.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертационной работы составляет 155 страниц.

На основании предоставленных материалов диссертационной работы и автореферата сформулирован следующий отзыв.

Актуальность темы диссертационной работы продиктована необходимостью удовлетворения высоких требований предъявляемых к современным малоразмерным газотурбинным двигателям. Регенерация тепла обеспечивает повышение топливной эффективности малоразмерных ГТД. В свою очередь выбор одного из важнейших узлов – теплообменного аппарата и разработка методики проектирования, расчета и его изготовления является сложной задачей, решение которой положительно сказывается на эффективности и надежности работы всей двигательной установки. В диссертационной работе Поповой Т.В. рассматривается методика проектирования, расчета и изготовления теплообменных аппаратов применительно к малоразмерным двигателям. Представленное в работе направление исследований позволяет сократить время на разработку теплообменного аппарата и оценить теплогидравлические характеристики конструкций теплообменных аппаратов еще на этапе проектирования, что



существенно сокращает затраты на экспериментальные работы и доводку готовых изделий.

Оценка содержания диссертационной работы и ее завершенность

Работа представляет собой законченный научный труд, включающий в себя все необходимые элементы и полностью удовлетворяющий требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертационным работам. Тема диссертации является актуальной и отличается новизной, поставленная цель достигнута.

Цель работы заключается в разработке методики расчета, проектирования и технологии изготовления пластинчатого теплообменного аппарата для газотурбинных установок с регенерацией тепла.

Задачи

Провести исследование конструкций теплообменных аппаратов для выбора теплообменной поверхности и оптимальных геометрических характеристик, выбранной поверхности. Разработать технологию изготовления пластинчатого теплообменного аппарата и выявить ограничения геометрических параметров теплообменной поверхности в зависимости от выбранной технологии изготовления. Разработать алгоритмы методики проектирования, расчета и изготовления теплообменного аппарата. Разработать параметрическую геометрию сборки 3D-геометрии средств производства теплообменного аппарата, пластины и моделей геометрии каналов для последующих расчетов. Разработать методику трехмерного численного моделирования параметров пластинчатого теплообменника и провести ее верификацию. Провести численное моделирование течения теплоносителей в теплообменном аппарате и получить критериальные зависимости для поверхностей с геометрическими параметрами, определенными на первом этапе работы. Разработать методику аналитического расчета для оценки эффективности и гидравлических потерь теплообменного аппарата.

Введение

Во введении приведено обоснование актуальности работы, определены цели и задачи, сформулирована научная новизна работы, приведен список российских и международных конференций, на которых проводилась апробация работы, отражено личное участие автора диссертационной работы, достоверность полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава

В первой главе рассмотрены основные преимущества и недостатки ГТД с регенерацией тепла и опыт их применения. Приводится общая классификация типов теплообменных аппаратов, которые делятся на две основные группы – трубчатые и пластинчатые. Рассматриваются основные этапы расчета и принципы конструирования теплообменных аппаратов. Представлено исследование по определению оптимальной, с точки зрения технологических и экономических характеристик, поверхности теплообмена, в результате которого выбрана поверхность теплообмена со скрещивающимися гофрами по типу Френкеля. Проведено аналитическое сравнение данной поверхности с гладкими

каналами, подтверждающее эффективность сделанного выбора. Приведен обзор публикаций, посвященных исследованиям поверхности теплообмена по типу Френкеля.

Вторая глава

Во второй главе приведены результаты анализа геометрических параметров гофра пластины теплообменного аппарата, в том числе: высота профиля гофра, угол скрещивания гофров, шаг гофра. Рассматривается экспериментальное исследование для нескольких поверхностей теплообмена, на основе данных представленных в литературе. Выявлен геометрический параметр, оказывающий основное влияние на теплогидравлические соотношения. В результате исследования приводится диапазон геометрических параметров, которые обеспечивают оптимальные теплогидравлические показатели теплообменного аппарата.

Третья глава

В третьей главе рассматриваются три технологии изготовления пластинчатого теплообменного аппарата. В числе рассмотренных: штамповка упругой средой, штамповка инструментальными штампами и метод послойного спекания (аддитивные технологии). Описаны процессы изготовления экспериментальных образцов с применением каждой из рассмотренных технологий. Представлен эксперимент образца теплообменного аппарата, изготовленного методом послойного спекания, а также графики зависимостей теплогидравлических характеристик, полученных экспериментально. Результаты эксперимента показали, что данная технология, несмотря на ее перспективность, требует доработки. Определен диапазон технологических ограничений геометрических параметров гофра пластины теплообменного аппарата. Выбрана технология штамповки на инструментальных штампах, максимально удовлетворяющая диапазону геометрических параметров, определенных в предыдущей главе. Полученные результаты ограничивают диапазон геометрических параметров, соответствующих требованиям по технологичности и эффективности.

Четвертая глава

В четвертой главе сформулирован алгоритм методики расчета, проектирования, изготовления теплообменного аппарата, на основании определённого ранее диапазона геометрических параметров, удовлетворяющий требованиям эффективности и технологичности. Приводится описание разработки каждого этапа данной методики с использованием методов параметризации геометрических моделей, методов 3D-проектирования и расчета. Разработана и верифицирована методика трёхмерного численного расчета. Проведено расчётное исследование для определения критериальных зависимостей и разработана программа аналитического расчета, позволяющая на этапе проектирования определять теплогидравлические характеристики и массу теплообменного аппарата.

Заключение

В заключении приведены основные выводы по результатам диссертационной работы, отражающие решение поставленных в диссертационной работе задач.

Практическая ценность результатов диссертации заключается в том, что:

- разработаны параметрические 3D-модели геометрии пластины, оснастки и расчетных моделей каналов теплообменного аппарата. Использование данных моделей существенно сокращает трудоемкость проектирования;
- разработана технология изготовления пластинчатого теплообменного аппарата;
- разработана методика, позволяющая сократить время на разработку теплообменного аппарата;
- доработана расчетная математическая модель методики расчета сопряженной задачи теплообмена и газодинамики в трехмерной постановке;
- получены критериальные зависимости и разработана программа оценочной методики расчета.

Достоверность результатов вычислительных экспериментов обеспечивается согласованием результатов численного моделирования с результатами экспериментальных исследований, и применением для расчетов программных комплексов, которые зарекомендовали себя и сертифицированы для решения подобного рода задач.

Научная новизна

Разработана методика расчета, проектирования и изготовления теплообменного аппарата, включающая разработку параметрических моделей геометрии пластин, оснастки и теплоносителей, численное моделирование трехмерной сопряженной задачи теплообмена и газодинамики конверта пластинчатого теплообменного аппарата с получением критериальных зависимостей, лежащих в основе аналитического расчета.

Диссертационная работа развивает перспективное направление повышения эффективности ГТД за счет регенерации тепла.

Рекомендации по использованию диссертации

Предлагаемая в диссертационной работе методика позволяет дать оценку проектируемой конструкции теплообменного аппарата с точки зрения эффективности и технологичности. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке газотурбинных установок с регенерацией тепла, на таких предприятиях как Филиал «ОКБ им. А.М. Люльки», ПАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение», АО «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ», АО «Климов» и др.

Оценка стиля диссертации и автореферата

Диссертационная работа изложена грамотным научным языком. В работе последовательно изложены теоретические и экспериментальные результаты исследования.

Общие замечания по содержанию и оформлению диссертации

1. Диссертация несколько перегружена материалами, которые подробно рассмотрены в литературе и известны специалистам.

2. При описании параметрического метода проектирования целесообразно было бы добавить схему, по которой происходит проектирование модели.

3. В тепловом расчете теплообменника (стр. 94 диссертации) используются несистемные единицы измерения на основе килокалорий.

4. Присутствует некоторое несоответствие в терминологии. Так в разделе 4.2 диссертации сформулированы пять критериев работы теплообменника, но по факту они являются не критериями, так как не имеют количественной оценки, а принципами проектирования теплообменника.

5. В конце четвёртой главы сформулированы цели, которые планируется достичь при реализации сложного цикла в малоразмерном ГТД, но отсутствуют расчётные или экспериментальные данные, подтверждающие возможность их достижения за счёт предлагаемого совмещения в одном модуле камеры сгорания и теплообменника.

Отмеченные недостатки не влияют на основной результат работы и ее положительную оценку.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным в положении о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Поповой Татьяны Валерьевны является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой можно квалифицировать как решение научной задачи, соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор Попова Татьяна Валерьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».**

Диссертационная работа рассмотрена на кафедре «Авиационные двигатели» факультета «Авиадвигателестроения» (протокол № 3 от 8 ноября 2016 г.)

Результаты голосования: «За» – 9 чел.;

«Против» – 0 чел.;

«Воздержалось» – 0 чел.

Заключение принято единогласно.

Заведующий кафедрой «АД»
д.т.н., проф. ФГБОУ ВО РГАТУ
имени П.А. Соловьева



А.Е. Ремизов

Секретарь кафедры «АД»



А.Б. Иванова

Адрес организации: 152934, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53, телефон: (4855) 280-470, +7(910) 819-88-12

Адрес электронной почты: rector@rsatu.ru, ad@rsatu.ru

Адрес сайта: www.rsatu.ru