

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Аббаварам Ревант Редди

Тема Диссертации: Конструктивные методы повышения интенсивности охлаждения и снижения гидравлического сопротивления компактных воздухо - воздушных теплообменников, устанавливаемых в наружном контуре турбореактивных авиационных двигателей

Специальность: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: На заседании 22 апреля 2019 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представит собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Аббаварам Ревант Редди ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Абашев В.М., Агульник А. Б., Демидов А.С., Козлов А.А., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Лесневский Л.Н., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.08, д.т.н., профессор



Ю.В.Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.04.2019 № 7

О присуждении Аббаварам Ревант Редди, гражданину Республики Индии, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Конструктивные методы повышения интенсивности охлаждения и снижения гидравлического сопротивления компактных воздухо-воздушных теплообменников, устанавливаемых в наружном контуре турбореактивных авиационных двигателей» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 28.01.2019 г. (протокол № 4) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета - №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Аббаварам Ревант Редди, 1988 г. рождения, в настоящее время является слушателем Центра повышения квалификации и переподготовки руководителя и специалистов федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2011 г. соискатель окончил магистратуру Технологического института Бирлы (Республика Индия) по направлению подготовки «Космическая и ракетная техника». В 2018 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Конструкция и проектирование двигателей» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Нестеренко Валерий Григорьевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Конструкция и проектирование двигателей», доцент.

Официальные оппоненты:

- **Модорский Владимир Яковлевич**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», аэрокосмический факультет, декан;

- **Попова Татьяна Валерьевна**, кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», отдел 6000-02 «прочность, ресурс и оптимальное проектирование», научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Ремизовым Александром Евгеньевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Авиадвигатели» и утвержденном Кожинной Татьяной Дмитриевной, доктором технических наук, профессором, ректором университета, указала, что диссертация Аббаварам Ревант Редди представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Результаты исследований Аббаварам Ревант Редди в виде характеристики влияния отдельных конструктивных параметров ВВТ вполне обоснованно можно рекомендовать к использованию в конструкторских бюро, занимающихся проектированием авиационных теплообменников, а также в учебном процессе авиационных вузов. Предлагаемые зависимости и конструктивные методы повышения эффективности трубчатых ВВТ будут способствовать сокращению сроков создания ВВТ повышенной эффективности и времени, необходимого на доводку двигателя в целом. Работа отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Аббаварам Ревант Редди заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05. - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 3,5 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Из 10 печатных работ 4 – тезисы докладов.

Научные работы соискателя посвящены разработке конструктивных способов повышения эффективности воздухо-воздушных теплообменников перекрёстного тока, устанавливаемых в наружном контуре ВРД. Они обеспечивают снижение температуры охлаждаемого воздуха, подводимого к рабочим лопаткам ТВД, при минимальном росте их гидравлического сопротивления, характеризуемого увеличением потерь давления, обтекающего ВВТ наружного воздуха второго контура ВРД, количество которого должно быть не более 1,5...2,0%. Все работы написаны в соавторстве.

Авторский вклад соискателя заключается в следующем:

- им разработаны виртуальные геометрические модели вариантов проектирования ВВТ, с трубками малых диаметральных размеров 4.0...6,0 мм, эффективность которых сопоставлена между собой, с использованием программного комплекса ANSYS CFX;

- выявлены особенности течения охлаждаемого и охлаждающего воздуха и изменения их температурного состояния на выходе из ВВТ, в зависимости от особенностей их проектирования, в частности наличия поворотных на 180° участков на их длине, размеров и формы интенсификаторов теплообмена, расположенных на их внутренней гладкой поверхности;

- сформулированы рекомендации по выбору конструктивных параметров и повышению эффективности трубчатых ВВТ, устанавливаемых в наружном контуре ВРД.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные работы:

1. Аббаварам Р.Р., В.Г. Нестеренко. Конструктивные особенности и эффективность компактных воздухо-воздушных теплообменников, устанавливаемых в системе охлаждения турбин двухконтурного воздушно

реактивного двигателя// Труды МАИ. 2018. № 101. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=98253>.

2. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В. Г. Воздухо-воздушный теплообменник для системы охлаждения турбин двухконтурных воздушно реактивных двигателей // Научно-технический журнал "Двигатель". 2018. №5. С. 10-12.

3. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В.Г. Воздухо-воздушные теплообменники системы охлаждения ротора турбины высокого давления в современных авиационных турбореактивных двухконтурных двигателях // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание, 2018. №11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/arise/teje/1827.html>.

4. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В. Г. Особенности проектирования и повышения эффективности трубчатых, воздухо–воздушных теплообменников, устанавливаемых в системах охлаждения современных и перспективных турбин ГТД // Научно–технический вестник Поволжья. 2017. №4. С. 48–50.

5. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В.Г. Совершенствование системы охлаждения современных высоко температурных ТВД авиационных ГТД // Научно–технический вестник Поволжья. 2017. №6. С. 75–78.

6. Аббаварам Р. Р., Нестеренко В.Г. Конструктивные методы совершенствования критичных узлов системы охлаждения современных высоко температурных ТВД авиационных ГТД // Научно–технический вестник Поволжья.2018. №5. С. 73–77.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора технических наук, доцента Модорского В.Я. содержит следующие замечания:

1. При сравнении вариантов не учитываются массовые характеристики ВВТ.

2. Не приводится математическая модель сопряженной аэротермоупругой задачи.

3. Не показано, исключено ли влияние конечно-элементной сетки в каждом конкретном случае исследования, особенно при изменении (уменьшении) внутреннего диаметра исследованных малоразмерных трубок.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, кандидата технических наук Поповой Т.В. содержит следующие замечания:

1. В списке использованных источников следовало бы отделить собственно публикации (статьи, доклады, книги) от инструкций, описаний и других источников Интернет, публикациями не являющихся.

2. В работе используются рисунки с иностранными подписями, поскольку диссертация написана на русском языке, их стоило бы перевести.

3. Для разделителей десятичных в числах используется то точка, то запятая.

4. В работе для одного и того же термина используется два названия «овальные трубки» и «эллипсной формы» это немного нарушает целостность восприятия работы, следует учесть это и прийти к одному обозначению.

5. В автореферате указано, что «Результаты экспериментальных исследований ВВТ сопоставлены с данными расчетов, произведенных по трем методикам», в диссертационной работе также, как и в автореферате недостаточно полно описаны эти три методики, не указаны параметры экспериментальных исследований.

Отзыв на диссертацию ведущей организации ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» содержит замечания:

1. В диссертации показана повышенная эффективность теплообмена в малоразмерных трубках ВВТ, при установке кольцевых интенсификаторов малой высоты, менее или равной 0,5 мм. Технологическое выполнение таких малых выступов на внутренней поверхности трубок затруднительно.

Немного легче было бы выполнить спиральные выступы с соответственным шагом. Кроме того, можно было бы рассмотреть другие виды повышения эффективности теплообмена, например, при образовании шероховатостей внутренней гладкой стенки, полученных при прокачке трубок жидкостью с абразивом, не требуется использования специальной оснастки.

2. В диссертации не рассматриваются проблемы обеспечения напряжённо-деформированного состояния секций ВВТ ни на стадии их изготовления (изгиб малым относительным радиусом), ни в момент неравномерного теплового расширения при изменении режима работы двигателя.

3. Не понятно, каким образом можно использовать полученные результаты для ТРДД со средней и повышенной степенью двухконтурности в случае использования их в системе охлаждения ВВТ.

Отзыв на автореферат диссертации Зрелова В.А., доктора техн. наук, профессора кафедры «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, содержит замечания:

1. Результаты научного исследования необходимо представлять в безразмерном виде;

2. Не представлено влияние толщины стенок и материала ВВТ на его характеристики;

3. В автореферате не приведено сравнение расчетных результатов 3D-моделирования процессов в ВВТ с экспериментом;

4. В автореферате отсутствует рис 5.24, на который имеется ссылка на стр. 22.

Отзыв на автореферат диссертации ОКБ им. А.Люльки - филиала ПАО «ОДК-УМПО», подписанный начальником расчетно-исследовательского отдела Стародумовым А.В. и утвержденный генеральным конструктором - директором, доктором техн. наук, профессором Марчуковым Е.Ю., содержит замечания:

1. В автореферате представлено большое число, более 60-ти конструктивных вариантов исследований отдельных блоков воздухо-воздушных трубчатых теплообменников. Однако, условия работы этих блоков, устанавливаемых в наружном контуре ГТД, могут быть отличными от расчетных условий автора, поскольку возможно перераспределение расходов воздуха по высоте канала.

2. В автореферате, на стр. 18, представлен рис. 16, имеющий важное значение для понимания появления отрывного течения при повороте потока воздуха на 180 градусов в U-образных трубках. Эта эпюра скоростей потока, полученная расчетом в системе ANSYS, не пропечаталась.

Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК-Климов», подписанный ведущим инженером-конструктором Лапином А.М. и утвержденный генеральным конструктором, кандидатом тех. наук Григорьевым А.В., содержит замечания:

1. В исследовании не охвачены трехмерные особенности обтекания пучков труб с учётом мест загиба трубок – не только охлаждаемого (как показано в п.3 выводов), но и охлаждающего воздуха; а также влияние тепловых и газодинамических следов предшествующих рядов трубок на эффективность теплопередачи в последующих трубках, проходящих через рабочую зону ВВТ.

2. В главе II следует обратить внимание на участки входа и выхода (фланцы крепления ВВТ), которые вносят значительный вклад в суммарные потери давления во внутреннем контуре ВВТ, и могут исказить сравнение с результатами расчетов по методике NTU.

3. Не приведены характеристики вычислительного моделирования – не показаны результаты исследования сеточной сходимости; не указаны применяемые в расчете системы уравнений с учетом сделанных автором допущений, в том числе – применением/не применением модели внутреннего трения воздуха, свойств материалов. В работе не указаны применённые модели турбулентности.

Отзыв на автореферат диссертации Дмитриева С.С., кандидата технических наук, доцента кафедры «Паровые и газовые турбины» ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", содержит замечания:

1. Конструктивная схема комбинированного ВВТ могла бы быть более подробно проработана в тех местах, где осуществляется отбор охлаждаемого воздуха из промежуточной ступени компрессора и где далее этот воздух поступает в междисковую полость турбины

2. На Рис. 20 автореферата представлен граф структуры и последовательности работ при проектировании компактных трубчатых ВВТ. Однако, в процессе проектирования часто возникает необходимость корректировки исходных данных, поэтому отдельные этапы работ приходится повторять и не один раз.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им А.Н. Туполева – КАИ» заведующего кафедрой теплотехники и энергетического машиностроения, доктора технических наук, профессора **Гортышова Ю. Ф.** и доктора технических наук, профессора кафедры теплотехники и энергетического машиностроения **Попова И.А.**, содержит замечания:

1. В автореферате не представлены Ф.И.О. или организации, ранее занимавшиеся данной проблематикой. В последние годы переход с круглых на овальные трубы, в том числе с интенсификаторами теплообмена, активно занимались в КПН им.И.Сикорского (Е.Н.Письменный, эксперимент, Украина) совместно с ИТМО им. А.В. Лыкова НАНБ (Ю.В. Жукова, расчет в ANSYS, Беларусь) и БГТУ (В.Б. Кунтыш, эксперимент, Беларусь).

2. Работа расчетная, численная, с использованием программного пакета ANSYS CFX. Однако в автореферате не упоминается математическая постановка задачи теплообмена и гидродинамики. Нет уравнений, упоминания режимов течений, граничных условий, пристенных функций,

моделей турбулентности, типа стенок, а также обоснования их выбора. В автореферате не указаны результаты верификации математической модели и результатов численных исследований.

3. В работе не имеется конкретных рекомендаций в виде расчетных зависимостей для прогнозирования тепло гидравлических характеристик рассмотренных турбинных матриц теплообменных аппаратов. Полученные результаты пригодны для данной конструкции или могут быть использованы для других случаев? Если да, то, к сожалению, нет критериев подобия и диапазона применимости результатов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Аббаварам Ревант Редди, что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Модорского В.Я., доктора технических наук, доцента, профессора Аэрокосмического факультета ФГБОУ «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах численного моделирования газодинамических процессов в каналах сложной формы и процессов деформирования в компрессорах газоперекачивающих агрегатов. Модорский В.Я. является соавтором научных трудов, посвященных вопросам теории и проектирования воздушно-реактивных двигателей.

Выбор Поповой Т.В., кандидата технических наук, научного сотрудника федерального государственного унитарного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» в качестве официального оппонента обосновывается ее компетентностью в вопросах разработки методик проектирования, расчета и изготовления теплообменных аппаратов ГТД, в том числе и с регенерацией тепла, методов трехмерного численного расчета, учитывающих особенности геометрической формы теплообменных аппаратов.

Ведущая организация «Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева" выбрана в соответствии с тем, что она обладает опытом работы в области реализации инновационных технологий для авиационной отрасли, высоким уровнем достижений в области конструкции, проектирования и разработки ГТД, позволяющих определить научную и практическую ценность диссертации. Оппоненты и специалисты ведущей организации имеют публикации в международных и отечественных рецензируемых изданиях по теме работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая конструктивная схема рядного ВВТ, в котором расходы воздуха, отбираемые от различных ступеней КВД, охлаждаются в одном теплообменнике и подводятся соответственно к лопаткам ротора и статора ТВД, а также в междисковую полость, к лопаткам ТНД и к опорам роторов ТВД и ТНД.

предложена конфигурация и геометрические характеристики интенсификаторов теплообмена, устанавливаемых внутри тонкостенных гладких трубок ВВТ, обеспечивающих значительное снижение температуры охлаждаемого воздуха, отбираемого от КВД, при минимальном изменении потерь давления охлаждаемого воздуха.

доказана возможность снижения потерь давления в наружном контуре ТРДДф при установке единого ВВТ, в котором охлаждается воздух, отбираемый от разных ступеней КВД, с отличной друг от друга температурой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых подходов к исследованиям, включающий аналитические методики расчётов, с интегральными

уравнениями для проектировочных расчётов и параметром Number of Transfer Units (NTU) для поверочных расчётов, кроме того для численного моделирования процесса теплопередачи использовался программный комплекс ANSYS CFX.

изложены результаты аналитических исследований снижения температуры охлаждаемого воздуха и потерь давления при установке интенсификаторов теплообмена разной высоты, а также потери давления охлаждающего воздуха в наружном контуре ТРДДф при постановке в этот контур базового ВВТ.

изучена структура потока воздуха в ВВТ, образованная большим числом последовательно установленных U-образных каналов, имеющих рециркуляционную зону, с гладкими трубками и трубками с интенсификаторами теплообмена, установленными на их внутренней поверхности.

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

разработана методика расчета величины снижения температуры охлаждаемого воздуха в малоразмерных трубках ВВТ в зависимости от их диаметра, длины, формы;

установлено, что при проектировании ВВТ с U – образными трубками, размещаемым в наружном контуре ТРДДф, целесообразно выбрать схему рядного расположения малоразмерных трубок с интенсификаторами теплообмена, расположенными на внутренней гладкой стороне трубок, ориентированных вдоль оси двигателя.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

корректное использование сертифицированной программы ANSYS CFX, при этом пристеночное течение исследовалось с использованием низкорейнольдсовых моделей турбулентности EARSM-WJ.;

теория базируется на использовании проверенных на практике уравнениях, описывающих теплообмен в каналах энергетических установок, применяемых в авиационно-космической технике;

использованы современные методики расчета, реализованные в наших широком применении программно-математических комплексах;

установлено хорошее соответствие между результатами расчёта снижения температуры охлаждаемого воздуха в базовом варианте ВВТ, применяемом на практике и его поверочным расчётом, с использованием интегральных уравнений и параметра NTU.

Личный вклад автора состоит в том, что:

1. Разработаны виртуальные геометрические модели большого числа вариантов трубчатых элементов ВВТ, малых диаметральных размеров 4,0...6,0 мм, эффективность которых сопоставлена между собой, с использованием программного комплекса ANSYS CFX.

2. Выявлены особенности течения охлаждаемого и охлаждающего воздуха и изменения их температурного состояния на выходе из ВВТ в зависимости от диаметра, формы (цилиндрической или овальной) и длины трубок, наличия поворотных участков на 180° по их длине и мало размерных, высотой 0,15 - 0,5 мм, интенсификаторов теплообмена, расположенных на их внутренней гладкой поверхности.

3. Сформулированы рекомендации по выбору конструктивных параметров и повышению эффективности трубчатых ВВТ, устанавливаемых в наружном контуре ТРДД.


На заседании 22 апреля 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Аббаварам Ревант Редди ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности

рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета
Д 212.125.08
д. техн. наук, профессор



 Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.125.08
д. техн. наук, профессор

 Зуев Юрий Владимирович

22 апреля 2019 г.