

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Крайнова Ирина Валерьевна

Тема диссертации: Разработка и идентификация математических моделей теплопереноса в экрано-вакуумной теплоизоляции космических аппаратов

Специальность: 01.04.14 – "Теплофизика и теоретическая теплотехника"

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:
На заседании 21 декабря 2015 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет 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 Крайновой Ирине Валерьевне 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., Дзюбенко Б.В., Каторгин Б.И., Козлов А.А., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Марчуков Е.Ю., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Новиков А.С., Попов Г.А., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного
Совета Д 212.125.08, д.т.н., профессор

Зуев Ю.В.

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «21» декабря 2015 г. № 44

О присуждении Крайновой Ирине Валерьевне, гражданке Республики Беларусь, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и идентификация математических моделей теплопереноса в экрано-вакуумной теплоизоляции космических аппаратов» по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите «12» октября 2015 г., протокол № 31 диссертационным советом Д 212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета – № 2249-1460 от 02.11.2007 г., об изменении состава диссертационного совета - №1986-540/1460 от 21.11.2008г., о продлении срока действия диссертационного совета – №1925-601 от 08.09.2009г., о соответствии диссертационного совета Положению о совете по защите диссертаций на

соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук - №105/нк от 11.04.2012г., об изменении состава диссертационного совета № 508/нк от 22.08.2012г., об изменении состава диссертационного совета - №548/нк от 06.10.2014г.

Соискатель Крайнова Ирина Валерьевна 1987 года рождения работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

В 2011 году соискатель окончила с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ). В 2015 году соискатель окончила обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Диссертация выполнена на кафедре «Космические системы и ракетостроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук Ненарокомов Алексей Владимирович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), кафедра «Космические системы и ракетостроение», профессор.

Официальные оппоненты:

Просунцов Павел Викторович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», факультет «Специальное машиностроение» кафедра «Ракетно-космические композитные конструкции», профессор;

Юдин Валерий Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ГНЦ ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», НИО-3, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение имени Семена Алексеевича Лавочкина» (ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»), г. Химки, в своем положительном заключении, подписанном Мартыновым Максимом Борисовичем, кандидатом технических наук, и.о. генерального конструктора, Ефановым Владимиром Владимировичем, доктором технических наук, профессором, помощником генерального директора по науке, Устиновым Святославом Николаевичем, зам. начальника центра, Данильченко Мариной Владимировной, заместителем генерального директора по персоналу и утвержденном Лемешевским Сергеем Антоновичем, кандидатом экономических наук, и.о. генерального директора, указала, что диссертация Крайновой И.В. является законченным исследованием на актуальную тему и выполнена на высоком научном уровне. Практическая значимость данной работы состоит в разработке прикладного алгоритмического и программного обеспечения, которое может быть использовано для определения и выбора характеристик ЭВТИ. Результаты работы могут быть использованы на ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» и других ведущих предприятиях ракетно-

космической отрасли. По совокупности полученных результатов диссертационная работа соответствует критериям 9-14 Положения о присвоении ученой степени кандидат технических наук, а ее автор Крайнова И.В. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, все по теме диссертации общим объемом 4,15 печатных листа, работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3. Из 7 работ 3 – статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, 4 – тезисы докладов на научных конференциях, 6 работ опубликованы в соавторстве. В работах содержатся следующие результаты: уточнена приближенная теоретическая модель переноса тепла в экрано-вакуумной тепловой изоляции. Предложены варианты исполнения разделителей ЭВТИ. Разработан алгоритм определения внешнего теплового воздействия на поверхность КА на основании траекторных данных. Решена задача идентификации теплофизических характеристик ЭВТИ с учетом влияния разделителя на теплоперенос излучением. Проведено сравнение расчетных данных и результатов экспериментального исследования ЭВТИ. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Грицевич И.В., Домбровский Л.А., Ненарокомов А.В. Перенос тепла излучением в экрано-вакуумной тепловой изоляции космических аппаратов // Тепловые процессы в технике, М.: Наука и технологии. 2013. Т. 5. № 1. С. 12-21.

2. Грицевич И.В., Ненарокомов А.В. Определение внешнего теплового воздействия на поверхность орбитального космического аппарата // Тепловые процессы в технике, М.: Наука и технологии. 2013. Т. 5. № 10. с. 445-457.

3. Gritsevich I.V., Dombrovsky L.A., Nenarokomov A.V. Radiative transfer in vacuum thermal insulation of space vehicles // Computational Thermal Sciences. 2014. V. 6. N.2. P.103–111.

4. Nenarokomov A.V., Dombrovsky L.A., Krainova I.V., Alifanov O.M., Budnik S.A. Identification of radiative heat transfer parameters in multilayer thermal insulation of a spacecraft. Proceedings of the 8th International Conference on Inverse Problems in Engineering ICIPE-2014, Poland, Cracow, 12-15 May 2014.

5. Nenarokomov A.V., Dombrovsky L.A., Krainova I.V., Alifanov O.M., Budnik S.A. Heat transfer in vacuum thermal insulation of space vehicles: an experimental estimate vs theoretical prediction. Proceedings of the 15th International Heat Transfer Conference, Kyoto, Japan, 10-15 August 2014, IHTC-15-9822/RAD-J-421.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение имени Семена Алексеевича Лавочкина» (ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»), г. Химки, составлен Мартыновым М.Б., кандидатом технических наук, и.о. генерального конструктора, Ефановым В.В., доктором технических наук, профессором, помощником генерального директора по науке, Устиновым С.Н., зам. начальника центра, Данильченко М.В., заместителем генерального директора по персоналу и утвержден Лемешевским С.А., кандидатом экономических наук, и.о. генерального директора. Замечания по диссертационной работе:

1. Представить описание характеристик экспериментального стенда ТВС-1М.

2. В списке литературы присутствуют многочисленные ссылки на известные работы, в том числе и фундаментальные, где приводятся методы

расчета ЭВТИ. Следует привести сравнения расчетов по предложенным автором методике с другими методами.

3. Некорректное определение «реальный» экспериментальный нагрев, «реальный» эксперимент, встречающийся в тексте. Более правильно было бы написать «проведенный» или «выполненный» (стр. 17).

4. При оценке проводимых расчетов используется определение «небольшие погрешности». Правильнее было бы измерить погрешность.

5. Замечание по оформлению – крупнее напечатать формулы.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Просунцова Павла Викторовича, доктора технических наук, профессора кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана». Замечания по диссертационной работе:

1. Не приведен анализ влияния учета зеркальной составляющей отражения солнечного излучения от планеты на тепловое состояние ЭВТИ.

2. Предложенный автором метод идентификации терморadiационных характеристик материалов ЭВТИ допускает одновременное восстановление четырех температурных зависимостей, однако в работе представлены результаты решения обратной задачи только по определению излучательной способности внешнего слоя ЭВТИ.

3. В работе не освещен вопрос обеспечения единственности решения рассмотренной обратной задачи.

4. Не проведено сравнение полученных автором данных по спектральной излучательной способности керамической ткани с экспериментальными.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Юдина Валерия Михайловича, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника НИО-3 ГНЦ ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского». Замечания по диссертационной работе:

1. Полученный в расчетах практически важный результат, что однослойный разделитель из кварцевого холста практически не оказывает влияния на теплоперенос в ЭВТИ (уменьшение теплового потока менее, чем на 1%) не отмечен ни в выводах, ни в заключении.

2. Несмотря на то, что были проведены испытания без, с однослойным и двухслойным разделителем, в работе не отмечено, как этот фактор влияет на температуру пассивного экрана. Разобраться в пучке кривых на рисунке 3.16 (стр. 86) весьма затруднительно.

3. Для проводимых испытаний образцов не указано давление в камере. «Предварительное вакуумирование в течение шести часов» не является количественной мерой давления (стр. 77-79).

4. На рисунках 3.1 – 3.4 в индексах пропущены цифры (стр. 72-75).

Все отзывы, поступившие на автореферат, положительные.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В то же время отзывы содержат замечания по работе.

В отзыве на автореферат НИИ Космических систем имени А.А.Максимова, составленном кандидатом технических наук, главным научным сотрудником Центра нанотехнологий Кулаковым В.А. и утвержденном ученым секретарем диссертационного совета, доктором

технических наук, профессором Чаплинским В.С. В качестве замечаний отмечается:

1. Отсутствие оценки диапазонов тепловых потоков и температур применения разработанных математических моделей.

2. Отсутствие оценки повышения точности математического моделирования теплопереноса в ЭВТИ за счет учета влияния волокнистых разделителей между экранами и оксидного слоя на поверхности экранов.

В отзыве на автореферат ОАО «Корпорация «Комета», составленном кандидатом технических наук, начальником сектора 45/2 Викуловым А.Г., начальником ОРКО-45 Кулешовым И.Н. и утвержденном генеральным директором, генеральным конструктором Мисником В.П., имеется один вопрос:

Каким образом выбраны пределы интегрирования по длине волны в правых частях уравнений краевых задач и выражений критериального функционала, и как соотносится идентифицированный спектральный коэффициент излучения с интегральным.

Отзыв на автореферат «НИУ «МЭИ», составленный профессором, доктором технических наук, лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники Кузма-Китчей Ю.А. и утвержденный начальником управления кадрами Барановой Е.Ю., содержит пожелания:

В автореферате показано, что интегральный поток теплового излучения через ЭВТИ существенно изменяется с толщиной оксидной пленки, поверхностной пористостью волокнистого материала, радиусом волокна. В связи с этим, желательно было бы назвать и отметить на графиках диапазоны этих характеристик, важные для практики.

Отзыв на автореферат ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», составленный профессором, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником С.Г. Черкасовым и утвержденный кандидатом

технических наук, ученым секретарем Ю.Л. Смирновым, содержит следующее замечание по содержанию работы:

Помимо обеспечения теплового режима космических аппаратов, ЭВТИ применяется для обеспечения теплового режима криогенных топливных баков космических разгонных блоков. Здесь есть две особенности. Во-первых, значительно более низкий уровень температур, и, во-вторых, то обстоятельство, что время вакуумирования ЭВТИ составляет значительную долю общего времени функционирования системы. К сожалению, из автореферата не ясно, насколько результаты диссертации применимы для данного класса задач.

В отзыве на автореферат Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, составленном доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником, членом-корреспондентом НАН Беларуси Павлюкевичем Н.В. и утвержденном зав. канцелярией, замечания отсутствуют.

Отзыв на автореферат Самарского государственного технического университета, составленный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов», почетным работником высшего профессионального образования М.Ю. Лившицем и утвержденный ученым секретарем Ю.А. Малиновской, содержит замечания:

В силу аппроксимации автором исходной распределенной системы – краевой задачи теплопроводности – системой с сосредоточенными параметрами, следовало бы пояснить механизм переноса результатов идентификации образца ЭВТИ на реальную конструкцию с учетом анизотропии ЭВТИ и неравномерности теплового нагружения по поверхности защищаемого аппарата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, что подтверждается их публикациями по тематике исследования. Ведущая организация выбрана в соответствии с ее широко известными достижениями в области разработки ракетно-космической техники и способна определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана уточненная математическая модель теплообмена в экрано-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ), учитывающая радиационный теплоперенос в разделительных слоях между экранами, а также наличие возможной оксидной пленки на поверхности металлических экранов;

предложены перспективные варианты исполнения разделительных слоев ЭВТИ, позволяющие уменьшить плотность теплового излучения через слой ЭВТИ;

доказана применимость разработанных методов и алгоритмов для численных расчетов и анализа тепловых свойств ЭВТИ путем сравнения экспериментальных данных с расчетными.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены особенности радиационного теплопереноса в волокнистых разделительных слоях ЭВТИ;

изложены этапы уточнения существующей математической модели теплообмена в ЭВТИ за счет учета ранее не рассматриваемых факторов;

применительно к проблематике диссертации результативно **использована** базовая часть существующих алгоритмов и программ решения обратных задач теплообмена в условиях теплофизического эксперимента;

раскрыто влияние параметров волокнистых разделителей на величину теплового потока через слой ЭВТИ;

доказаны возможность применения разработанной методики по определению теплового потока через слой ЭВТИ, а также итерационного алгоритма решения обратной задачи по восстановлению теплофизических характеристик ЭВТИ путем вычислительного эксперимента.

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

разработаны и внедрены в учебный процесс методики определения теплового потока через слой ЭВТИ, а также алгоритмы решения коэффициентных обратных задач;

определены направления практического использования результатов исследований при решении задачи выбора материалов, количества слоев, и других параметров ЭВТИ;

создана модель эффективного расчета для выбора, определения и уточнения параметров ЭВТИ новых космических аппаратов;

представлены рекомендации и предложения для усовершенствования методов выбора используемых теплоизоляций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов обеспечивается применением современной сертифицированной и поверенной измерительной аппаратуры и обеспечением условий проведения экспериментов, соответствующие требования для исследований ЭВТИ;

теория построена на известных фактах, а также подтверждается согласованием с полученными экспериментальными данными;

использованы сравнения авторских результатов численного моделирования с результатами других авторов.

