

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.08 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
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 22.12.2014 протокол № 21

О присуждении Моржухиной Алене Вячеславовне, гражданке РФ ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов» по специальностям 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 20.10.2014г. протокол №17 диссертационным советом Д212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, 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 Моржухина Алена Вячеславовна 1988 года рождения, гражданка РФ, работает ассистентом в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации.

В 2011 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)» (МАИ). В 2014 году соискатель окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации.

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

Научный руководитель – доктор технических наук, Алифанов Олег Михайлович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации, кафедра «Космические системы и ракетостроение», заведующий кафедрой.

Научный консультант – доктор технических наук, Черепанов Валерий Вениаминович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации, кафедра «Физика», профессор.

Официальные оппоненты:

1. Елисеев Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», кафедра «Космические аппараты и ракеты-носители», профессор;
2. Юдин Валерий Михайлович, кандидат технических наук, Государственный научный центр федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», НИО-3, ведущий научный сотрудник.

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: Государственный научный центр Российской Федерации открытое акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология», г. Обнинск Калужской области, в своем положительном заключении, подписанном Русиным М.Ю., доктором технических наук, профессором, директором научно-производственного комплекса, председателем НТС, Липовцевым Ю.В., доктором физико-математических наук, отдел 11, ведущий специалист, Райляном В.С., доктором технических наук, сектор лаборатории 16, начальник, Забежайловым М.О., кандидатом физико-математических наук, лаборатория 13, начальник и утвержденном О.Н. Комиссаром, кандидатом технических наук, Генеральным директором ГНЦ РФ ОАО «ОНПП «Технология», указала, что диссертационная работа Моржухиной Алены Вячеславовны «Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов» является законченной научно-квалифицированной работой, в которой выявлены основные механизмы формирования погрешностей термометрических измерений при проведении экспериментального исследования высокопористых теплозащитных покрытий. Основные данные работы получены по результатам экспериментально-теоретического исследования, проведенного по оригинальной методике на

специальном тепловакуумном стенде. В основу разработанного программного инструмента положен высокоточный сеточный численный метод решения нестационарной нелинейной задачи комбинированного радиационно-кондуктивного теплообмена в пластине высокопористого теплозащитного материала, подвергаемого нестационарному тепловому нагреву, апробированный метод решения кинетического уравнения переноса излучения в плоском слое, учет оптических и радиационных характеристик исследуемого материала. Работа выполнена на высоком техническом уровне. Актуальность и практическая значимость проведенных исследований подтверждена докладами на российских и международных конференциях. Основные результаты диссертационной работы отражены в печатных изданиях, в том числе в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ. Материал диссертации изложен логично и последовательно. Диссертационная работа Моржухиной Алены Вячеславовны «Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор достоин присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» (технические науки), 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ; опубликованных в рецензируемых научных изданиях 2 (1,6 п.л.) работы, 4 работы (0,48 п.л.) – тезисы докладов на научных конференциях; 3 работы опубликованы в соавторстве, 3 работы – самостоятельно.

В данных работах обобщена и усовершенствована методика прогнозирования погрешностей термодинамических измерений при экспериментально-теоретическом исследовании высокопористых теплозащитных материалов. Разработан численный метод решения задачи комбинированного теплообмена в слое высокопористого теплозащитного покрытия. Предложен альтернативный

трехшаговый метод решения уравнения переноса излучения на кинетическом уровне. Автором выявлены основные механизмы формирования методических погрешностей термометрических измерений в полупрозрачных материалах для широкого диапазона температуры.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Алифанов О.М., Бобошина С.В., Зайцева А.В., Черепанов В.В. Моделирование переноса излучения в теплозащитных материалах с высоким спектральным альбедо рассеяния // Тепловые процессы в технике. 2012. Т.4, №9. С. 418-424

2. Alifanov O.M., Cherepanov V.V., Zaytseva A.V. The modeling of radiation transfer in highly-porous composite materials with strong scattering [Электронный ресурс] // Journal of Physics: Conference Series. Eurotherm Conference №.95: Computational Thermal Radiation in Participating Media IV. 18–20 April 2012, Nancy, <http://iopscience.iop.org/1742-6596/369/1>

3. Алифанов О.М., Зайцева А.В., Черепанов В.В. Моделирование теплофизических и спектральных свойств пеностеклоуглерода методом Монте-Карло. В сборнике « XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену, 10-13 сентября 2012г. Тезисы докладов и сообщений». Минск: ИТМО Т.1. часть 2. С. 662-665

4. Зайцева А.В. Модели радиационного переноса в высокопористых композитных материалах с высоким спектральным альбедо рассеивания. В сборнике «Инновации в авиации и космонавтике – 2013. 16-18 апреля 2013г.» Сборник тезисов. М.:МАИ. с.169

5. Зайцева А.В. Моделирование радиационного переноса в высокопористых композиционных материалах с высоким спектральным коэффициентом рассеяния. В сборнике «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках, 19-23 мая 2013г.» Тезисы докладов, М: МЭИ. С. 367-368

6. Morzhukhina A.V. Mathematical model of radiation heat transfer in reticulated vitreous carbon. В сборнике «Third German-Russian week of the young

researcher “Aviation and Space”. 21-27 September 2013г.» Тезисы докладов, М.: Пресс Бюро. С.45

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

Отзыв на диссертацию ведущей организации ГНЦ РФ ОАО «ОНПП «Технология», подписанный Русиным М.Ю., доктором технических наук, профессором, директором научно-производственного комплекса, председателем НТС, Липовцевым Ю.В., доктором физико-математических наук, отдел 11, ведущий специалист, Райляном В.С., доктором технических наук, сектор лаборатории 16, начальник, Забежайловым М.О., кандидатом физико-математических наук, лаборатория 13, начальник и утвержденный О.Н. Комиссаром, кандидатом технических наук, Генеральным директором ГНЦ РФ ОАО «ОНПП «Технология».,. В отзывы приведены следующие замечания:

1. При расчете радиационно-кондуктивного теплообмена в частично прозрачных материалах для повышения точности расчета граничные условия на поверхностях плоского слоя необходимо записывать с учетом отражения излучения от внутренних границ.

2. Не уделено внимание рассмотрению методов определения оптических характеристик частично прозрачных рассеивающих материалов от точности определения которых существенным образом зависит точность расчета радиационно-кондуктивного теплопереноса в рассматриваемом классе материалов.

3. Не проведен расчетный анализ влияния на экспериментальные погрешности термопарных измерений таких факторов как:

- контактное тепловое сопротивление между поверхностями образцов в сборке;
- геометрические и оптические характеристики используемых термопар;
- искажение температурного поля при наличии термопар большого диаметра;

- изменение оптических характеристик поверхности исследуемого образца вследствие появления следов от высокотемпературного контакта с материалом нагревателя

Отзыв на диссертацию официального оппонента, Елисеева Виктора Николаевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана». Замечания по диссертационной работе:

1. В разделе «научная новизна» на стр.7 говорится, что в ходе всего теплофизического эксперимента осуществлялся непрерывный контроль точности измерения. По-видимому, речь идет не о контроле точности измерения параметров эксперимента, а о сопоставлении временной зависимости заданного теплового потока и реально воспроизводимого в эксперименте.

2. На стр.33 диссертации отмечается, что «выбор геометрических параметров исследуемого материала занимает одно из ключевых мест на этапе планирования и подготовки экспериментального исследования». В связи с этим для рассматриваемого материала принята рекомендация о выборе его толщины равной 0.1 по отношению к другим линейным размерам. Это достаточно известный результат, но было бы хорошо сослаться на соответствующий литературный источник.

3. В работе, к сожалению, мало внимания уделено оценке роли контактных сопротивлений в зоне установки термопар, определению их влияния на методическую погрешность измерения температур. Для высокопористых материалов этот вопрос особенно актуален, поскольку контакт материала с датчиком, как правило, далёк от идеального и зависит от многих причин.

4. При исследовании погрешностей измерения температуры из нескольких способов заделки термопар в пористый материал, используемых в настоящее время, рассмотрен лишь один, применяемый, в основном, в экспериментах при исследовании теплофизических свойств материалов.

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. При теоретическом анализе экспериментальных данных задача распространения тепла в образцах решается при граничном условии первого рода на границе с нагревательным элементом. По нашему мнению здесь необходимо использовать граничное условие второго рода с разделением теплового потока на радиационную и контактную составляющие.

2. В анализе погрешностей показаний термопар и выводах не указан один из основных определяющих величину погрешности факторов – существенное различие объемных теплоемкостей материала и термопары.

3. В тексте диссертации имеются опечатки:

- на стр. 40 в ссылке на формулу (3.4) пропущено «3.».
- на рис. 4.16, 4.20, 4.23, 4.28 имеется обозначение « $q_c$ ». Что это такое нигде в тексте не указано.
- На стр.92 вместо слова «равнонаправленными» должно быть слово «разнонаправленными».

Все отзывы, поступившие на автореферат положительные.

Отзыв на автореферат Кузма-Кичты Юрия Альфредовича, доктора технических наук, профессора кафедры «Инженерная теплофизика» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Из автореферата не ясно, можно ли использовать предложенный метод при определении свойств теплозащитных покрытий, отличающихся от исследованного.

Отзыв на автореферат ФГУП «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», подписанный Клишиным Александром Федоровичем, кандидатом технических наук, заместителем начальника центра «Аэродинамическое и тепловое проектирование космических аппаратов», Ященко

Богданом Юрьевичем, кандидатом технических наук, ведущим специалистом центра «Аэродинамическое и тепловое проектирование космических аппаратов» и утвержденный Пичхадзе К.М., доктором технических наук, профессором, заместителем генерального конструктора по науке содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате отсутствуют значения теплофизических свойств материала ТЗМК-10 и спектральных коэффициентов, использованных автором при сравнительном анализе результатов численного и экспериментального исследования образцов на двух режимах нагрева. Нет комментариев, на каких установках других авторов они были получены и какова точность этих значений.

2. Появились более термостойкие чем ТЗМК-10 керамики, (например типа «ВМК-5»), результаты исследований еще одного такого материала послужили бы дополнительным подтверждением универсальности расчетно-экспериментального метода.

Отзыв на автореферат ФГУП «Корпорация «Московский институт теплотехники», подписанный Головиным Николаем Николаевичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заместителем начальника отделения 1 – начальником отдела, Майской Еленой Владимировной, заместителем начальника отдела – начальником сектора содержит следующие замечания по диссертационной работе:

1. На странице 8 в пояснениях величин, входящих в (1), коэффициент  $\alpha_v$ , по смыслу соответствующий коэффициенту теплоотдачи, обозначен как «коэффициент температуропроводности». Кроме того, из текста автореферата неочевиден механизм обработки результатов термодинамических измерений образцов материала ТЗМК-10, описанный на страницах 18-21 и имеющих погрешность, приводящую к тому, что «экспериментальные данные сильно превышают истинное значение температуры».

Отзыв на автореферат Акимова Дмитрия Александровича, кандидата технических наук, заведующего лабораторией «информационных систем»

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет приборостроения и информатики» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Отсутствие подписей в графиках, представленных на странице 19-20 автореферата, по осям ординат.

2. Результаты экспериментального исследования даны в градусах Цельсия, в то время как результаты математического моделирования приводятся в градусах Кельвина.

3. Не полно освещено обоснование условий экспериментальных исследований. Возможно, объем автореферата не позволил автору это сделать.

Отзыв на автореферат Боровковой Татьяны Владимировны, кандидата технических наук, доцента кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» содержит следующие замечания по работе:

1. На стр. 16 автореферата автором используется понятие «истинной температуры», однако не указано, какая именно температура принимается за истинную. Также на графике на рис.6 (стр.16) не указано, какая температура обуславливает тот или иной режим нагрева образцов.

Отзыв на автореферат Бухмирова Вячеслава Викторовича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический институт имени В.И. Ленина» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Из содержания автореферата не понятно, каким образом при математическом моделировании была учтена зависимость теплофизических характеристик материала от температуры?

2. Как отличаются результаты моделирования (на сколько процентов или во сколько раз?) при применении «высокоточных методов математического моделирования» от методов математического моделирования.

3. Досадная опечатка в названии рисунка 13 (рисунки 13 и 14 имеют одинаковые названия).

Отзыв на автореферат Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королёва, подписанный Филином Вячеславом Михайловичем, доктором технических наук, профессором, Советником Президента Корпорации, Туманиным Евгением Николаевичем, кандидатом технических наук, главным специалистом содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не приводятся граничные условия теплообмена и влияния его на точность показаний термометров.
2. В разработанных методиках не анализируется влияние анизотропии материала теплозащитного покрытия на измеренные в эксперименте параметры.
3. Условие отсутствия влияния остаточного газа или газовыделения в объеме исследуемого материала на исследуемые параметры теплозащитного покрытия выбрано некорректно.
4. Не рассмотрен метод предварительной градуировки термопар и оценки погрешности по этому методу.

Отзыв на автореферат ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. Академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)», подписанный Барвинком Виталием Алексеевичем, членом-корреспондентом РАН, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении», Богдановичем Валерием Иосифовичем, профессором, доктором технических наук содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате отсутствует описание физической модели, которая используется для замены реального материала с хаотическим расположением оптически прозрачного волокнистого материала (рис.1) на модельный оптически прозрачный (наверно частично поглощающий материал?) с локальными неоднородностями оптической плотности, которая используется при постановке задачи математического моделирования (1)-(5).

2. Не вполне понятно использование термина «точно моделировать» в первом пункте научной новизны на стр.5

3. В автореферате имеются опечатки на стр.8 в расшифровке обозначений к соотношениям (1), на стр.11 – ссылка на соотношение (3.6).

Отзыв ФНПЦ ОАО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», подписанный Страховым Валерием Леонидовичем, доктором технических наук, профессором, начальником отдела 7, Гнутовым Алексеем Дмитриевичем, ведущим конструктором отдела 7 содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Было бы неплохо связать теоретическую модель теплопереноса в материале и экспериментальные замеры через обратную задачу теплопроводности по определению теплофизических характеристик теплозащитных материалов и показать возможности модели, апробированной на материале ТЗМК-10, при исследовании характеристик других материалов такого же назначения. В связи с этим возникает ощущение недостаточной логической связи между отдельными разделами работы.

2. В физико-математической модели теплопереноса в материале желательно указать физические размерности используемых параметров.

Отзыв на автореферат Миодушевского Павла Владимировича, кандидата технических наук, доцента кафедры «энергия и окружающая среда» Международного университета природы, общества и человека «Дубна» не содержит замечаний по содержанию работы.

Отзыв на автореферат Павлюкевича Николая Владимировича, член-корреспондента Национальной академии наук Беларуси, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» не содержит замечаний по содержанию работы.

Выбор официальных оппонентов обусловлен их компетентностью в области диссертационного исследования, наличием публикаций по соответствующей работе тематике и согласием на оппонирование. Выбор ведущей организации обусловлен ее широкой известностью и достижениями в области производства

неметаллических полимерных, композитных и керамических материалов для ракетно-космической и авиационной промышленности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физическая модель процессов теплообмена в слое высокопористого теплозащитного покрытия аэрокосмического летательного аппарата и математическая модель сложного радиационно-кондуктивного теплообмена в образцах частично прозрачных высокотемпературных неметаллических материалов. В работе также рассмотрены альтернативные методы описания процесса радиационного теплопереноса в образцах и исследованы численные методы, создан необходимый программный инструмент, позволяющий моделировать процесс сложного теплообмена в экспериментальных образцах, определять их тепловое состояние при нестационарном внешнем тепловом воздействии. Разработана математическая модель расчета радиационно-кондуктивного прогрева образца высокопористого теплозащитного материала в виде прямоугольной пластины. При проведении экспериментальных исследований теплового состояния исследуемого высокопористого материала разработаны новые конструкционные решения и подходы к сборке экспериментального модуля;

предложен и апробирован высокоточный численный метод расщепления с неявной реализацией дробных шагов для решения соответствующей математической модели нелинейной дифференциальной задачи;

доказана достоверность и точность разработанного численного сеточного метода для расчета сложного прогрева в слоях теплозащитного материала;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказано, что основными механизмами, влияющими на уровень погрешности в показаниях контактных датчиков температуры, являются контактные термосопротивления в месте расположения термопары и опережающий нагрев термопары в результате радиационного теплопереноса. Эти механизмы создают противоположные по знаку отклонения собственной температуры термопары;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован высокоточный численный сеточный метод расчета радиационно-кондуктивного теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов, альтернативный трехшаговый метод решения уравнения переноса излучения; изложены методики проведения экспериментальных исследований образцов высокопористых теплозащитных материалов на тепловакуумном стенде; раскрыты основные механизмы формирования термодинамических погрешностей в широком диапазоне измеряемой температуры при проведении тепловых экспериментов, некоторые аспекты влияния диаметров термоэлектродов термопар и места их установки на методические погрешности термодинамических измерений; изучены основные механизмы, влияющие на погрешности в показаниях термопар; проведена модернизация численных методов расчета радиационно-кондуктивного теплообмена в слоях высокопористого высокотемпературного композиционного материала на неметаллической основе.

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

разработаны и внедрены универсальные методики проведения экспериментальных исследований образцов высокопористых теплозащитных покрытий на тепловакуумных стендах, включающие в себя оригинальные конструктивные решения по сборке экспериментального модуля, рекомендации по подготовке и проведению тепловых тестов;

определены перспективы использования предложенных численных методов и технологии проведения экспериментальных исследований;

представлены методические рекомендации по учету погрешностей термодинамических измерений и их компенсации при проведении тепловых экспериментов на образцах высокопористых теплозащитных материалах для последующего более корректного определения теплофизических свойств исследуемого класса материалов, так же даны рекомендации по местам установки термопар и выбору диаметра термоэлектродов.

### Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ была продемонстрирована хорошая повторяемость экспериментальных исследований и сходимость полученных тепловых измерений для симметричной схемы нагрева двух образцов материала при различных темпах и режимах нагрева;

теория подтверждается результатами сравнительного анализа с существующими решениями отдельных задач подобного типа. Результаты численного моделирования подтверждают корректность и точность разработанной методики; идея базируется на создание методики по обработке результатов термопарных измерений в высоко- и ультрапористых теплозащитных материалах в условиях их нестационарного нагрева. В ней рассматриваются вопросы построения методов обнаружения методических погрешностей термопар и обобщению методов интерпретации их показаний для последующего исследования указанных классов теплозащитных материалов;

использованы данные из достоверных источников по величине погрешностей термопарных измерений в высокопористых материалах с высоким коэффициентом рассеяния для анализа полученных результатов;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами независимых источников.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении данных по обнаружению и интерпретации методических погрешностей термопарных измерений в полупрозрачных материалах. Соискателем в соавторстве разработаны высокоточные численные методы расщепления с неявной реализацией дробных шагов для описания процессов радиационно-кондуктивного теплопереноса в образцах. Соискатель участвовал в подготовке и проведении тепловых испытаний образцов эталонного волокнистого материала на тепловакуумном стенде в составе экспериментальной группы тепловой лаборатории кафедры «Космические системы и ракетостроение» МАИ. Обработанные соискателем данные тепловых исследований и сравнительный анализ математического моделирования позволили автору диссертационной работы установить основные факторы,

влияющие на методические погрешности термодинамических измерений, а также дать рекомендации по способам их компенсации.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательным и логичным планом исследований.

На заседании 22.12.2014г. диссертационный совет принял решение присудить Моржухиной А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 3 доктора наук по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, из них 3 человека дополнительно введены на разовую защиту, проголосовали: за присуждение учёной степени 24, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета



Равикович  
Юрий Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Зуев  
Юрий Владимирович

22 декабря 2014 г.