



Ростех
РТ-Химкомпозит



AS 9100
BUREAU VERITAS
Certification



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ОБНИНСКОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ТЕХНОЛОГИЯ"
(ОАО "ОНПП "ТЕХНОЛОГИЯ")

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

249031, г. Обнинск Калужской обл., Киевское шоссе, 15
(495) 232-10-45, (48439) 6-28-41, (48439) 6-39-87, факс (48439) 6-45-75, телетайп 183507 "Алмаз"
E-mail: info@technologiya.ru; http://www.technologiya.ru, http://технология.рф



ОКПО 07548617; ОГРН 1114025006160; ИНН/КПП 4025431260/402501001

№ _____
На № 170 от 05.12.2014

ОТЗЫВ

ведущей организации - Государственного научного центра РФ Открытого акционерного общества "Обнинское научно-производственное предприятие "Технология" - на диссертационную работу

Моржухиной Алены Вячеславовны

«Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов», представленной на соискание 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».

Диссертационная работа Моржухиной А.В. посвящена созданию методики по обработке результатов термометрических измерений в высоко - и ультрапористых теплозащитных материалах в условиях их нестационарного нагрева. В ней детально рассмотрены теоретические основы математического моделирования сложного теплообмена в частично прозрачных высокопористых материалах с учетом анизотропии рассеяния излучения, расчетно-экспериментальные методы обнаружения методических погрешностей термометрических измерений, произведена интерпретация показаний термометрических измерений и выявлены основные факторы, влияющие на величину погрешности температурных измерений в указанных классах теплозащитных материалов.

Актуальность темы.

Исследованию тепловых процессов и тепловых режимов конструкций, функционирующих в экстремальных температурных условиях, всегда уделялось значительное внимание. Однако с интенсивным развитием

ракетно-космической отрасли все острее встает проблема защиты конструкции летательных аппаратов от нагрева во время полета в атмосфере со скоростями, значительно превышающими скорость звука. Решение подобных задач связано с необходимостью более детального исследования свойств используемых материалов, а также требует создания новых. В качестве материалов для защиты корпуса летательных аппаратов от высокотемпературного воздействия нашли широкое применение высоко- и ультрапористые материалы, зачастую обладающие частичной прозрачностью для теплового излучения. Однако информация о многих физических свойствах как новых, так и уже достаточно давно применяемых для теплозащиты материалов данного класса зачастую разрознена и труднодоступна. Все эти факторы негативно влияют на качество проектирования летательных аппаратов, так как достоверный прогноз реакций на внешние воздействия, как материалов, так и сконструированных из них деталей и узлов невозможен без достоверно определенных теплофизических характеристик материалов.

Данные о тепловом состоянии исследуемых образцов материала часто получают за счет использования термопарных датчиков. Практическая необходимость в обеспечении контроля точности термопарных измерений на всех этапах экспериментальных исследований подразумевает определение основных механизмов формирования их погрешности. Одновременное использование результатов численного моделирования и выходных данных экспериментального исследования материалов позволяет оценивать точность проведенных прикладных исследований и уточнять данные тепловых испытаний для их последующей обработки.

Вышеизложенное делает задачу прогнозирования и верификации данных экспериментальных исследований теплозащитных материалов актуальной.

Научная новизна заключается в разработке численных методов математического моделирования комбинированного теплообмена в образце

высокопористого теплозащитного материала и математической модели расчета радиационно-кондуктивного прогрева исследуемого образца материала. Создан и отработан необходимый программный инструмент, позволяющий моделировать процесс комбинированного теплообмена в экспериментальных образцах, определять их тепловое состояние при нестационарном внешнем тепловом воздействии. При проведении экспериментальных исследований теплового состояния исследуемого высокопористого материала разработаны новые конструктивно-технологические решения экспериментального модуля. Определены основные факторы, влияющие на погрешность показания термопар, установлена величина погрешности в широком диапазоне изменения температуры образца.

Значимость полученных результатов

Полученные результаты могут быть использованы при подготовке и проведении теплотехнических испытаний образцов высокопористых теплозащитных материалов, для уточнения теплофизических характеристик определенного класса материалов, при проектировании высокотемпературных тепловых покрытий летательных аппаратов. Данная работа может послужить основой для дальнейшего анализа и учета погрешностей температурных измерений данного класса материалов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Полученные в ходе численного и экспериментального моделирования результаты диссертационной работы Моржухиной А.В. могут быть использованы в ГНЦ РФ ОАО "ОНПП"Технология" для повышения точности и достоверности экспериментальных методик тепловых испытаний материалов и конструкций, а также могут найти практическое применение на различных предприятиях ракетно-космической отрасли и в конструкторских

бюро на этапе проектирования и отработки теплонапряженных конструкций летательных аппаратов.

Замечания по диссертационной работе:

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 термодинамических измерений таких факторов как:

- контактное тепловое сопротивление между поверхностями образцов в сборке;
- геометрические и оптические характеристики используемых термодинамических измерений;
- искажение температурного поля при наличии термодинамических измерений большого диаметра;
- изменение оптических характеристик поверхности исследуемого образца вследствие появления следов от высокотемпературного контакта с материалом нагревателя

Приведенные замечания не снижают общего высокого уровня диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Моржухиной А.В. является законченной научно-квалифицированной работой, в которой выявлены основные механизмы формирования погрешностей термодинамических 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. Автореферат в полной степени отражает основное содержание диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

На основании вышеизложенного считаем, что 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».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании Научно-
технического совета Научно-производственного комплекса
«Радиопрозрачные обтекатели»
« 21 » ноября 2014г., протокол № 17

Председатель НТС
д.т.н., профессор

М.Ю. Русин

Отзыв подготовили:

Ведущий специалист отдела 11
д.ф.-м.н.

Ю.В. Липовцев

Начальник сектора лаборатории 16
д.т.н.

В.С. Райлян

/ Начальник лаборатории 13
к.ф.-м.н.

М.О. Забежайлов

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
ГНЦ РФ ОАО "ОПП "Технология"
Кандидат технических наук



О.Н.Комиссар

« 04 » ноября 2014 г.
М.П.