



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»



Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, Российская Федерация, 141400
тел. (495) 629-67-55, факс (495) 573-3595,
e-mail: npoi@laspace.ru, http://www.laspace.ru

10 ДЕК 2014 № 102/У92
на № _____ от _____

Ученому секретарю диссертационного
совета Д 212.125.08 при Московском
авиационном институте (национальном
исследовательском университете)
доктору технических наук, профессору
Ю.В. Зуеву

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4

УТВЕРЖДАЮ
Зам. Генерального конструктора по науке
доктор технических наук, профессор
К.М. Пичхадзе
2014 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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 специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника

Для обеспечения заданных температурных условий эксплуатации элементов и агрегатов конструкции летательных аппаратов (ЛА) при их полете в атмосфере со скоростями значительно превышающими скорость звука применяются специальные неметаллические теплозащитные покрытия (ТЗП). При этом существует класс высокопористых теплозащитных материалов (ТЗМ) малой плотности, которые используются в качестве ТЗП ряда ЛА при длительном воздействии на их внешние поверхности высоких температур T_w , не превышающих температуры разрушения покрытия ($T_w \ll T_{разр}$). В этом случае

покрытие работает в режиме высокотемпературной теплоизоляции.

Создание и отработка надежной тепловой защиты ЛА, основанной на применении высокопористых ТЗМ, требует постоянного совершенствования экспериментальных и расчетных методов для более полного воспроизведения различных заданных условий теплового нагружения ТЗП в наземных условиях и уточнения особенностей процессов и факторов сложного (радиационно-кондуктивного) теплообмена в слоях таких полупрозрачных покрытий.

Судя по автореферату, диссертационная работа Моржухиной А.А. - актуальна, т.к. посвящена комплексному экспериментально-расчетному исследованию нестационарного прогрева высокопористого ТЗМ (типа керамики «ТЗМК-10») с целью определения и устранения методических погрешностей при проведении эксперимента, совершенствованию численных методов моделирования сложного теплообмена в слоях ТЗМ, а также для интерпретации экспериментальных и расчетных результатов и выработки рекомендаций, обеспечивающих повышение достоверности результатов аналогичных исследований указанного класса материалов.

Автором исследована и определена физическая модель для уточнения экспериментально-расчетной методики исследования процессов теплообмена по толщине полупрозрачного высокопористого ТЗП в виде плоской пластины (с определением её характерных размеров) при заданных режимах изменения граничных условий (температуры на внешней поверхности образца).

Представлены разработанные автором математическая модель процессов радиационно-кондуктивного теплообмена в высокопористом частично прозрачном ТЗП и численные методы решения задачи радиационно-кондуктивного теплообмена и кинетической задачи переноса излучения в плоском слое частично прозрачного материала. Корректность численного метода подтверждена сравнениями с аналитическими решениями, а также контролем невязки кинетического уравнения в узлах разностной сетки.

В работе Моржухиной А.В. получены также оригинальные конструкторские и технологические решения, реализация которых позволила создать специальный экспериментальный модуль ЭМ-2Т и выполнить экспериментальные исследования пористого материала ТЗМК-10 на заданных режимах нагрева. Результаты этих исследований были сопоставлены с численным экспериментом для повышения точности моделирования

процессов теплообмена в слоях пористых ТЗП.

В качестве замечаний отметим, что:

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 исследования еще одного такого материала послужили бы дополнительным подтверждением универсальности разработанного расчетно-экспериментального метода.

В целом автореферат дает достаточно всестороннее представление о работе и полностью соответствует требованиям ВАК.

Считаем, что по совокупности полученных результатов диссертационная работа (судя по автореферату) «Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», соответствует критериям, изложенным в пунктах 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Моржухина Алена Вячеславовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по названной специальности.

Зам. Начальника отделения центра
«Аэродинамическое и Тепловое
проектирование космических
Аппаратов», к.т.н.

 Клишин Александр Федорович

Ведущий специалист центра
«Аэродинамическое и Тепловое
проектирование космических
Аппаратов», к.т.н.

 Ященко Богдан Юрьевич

Телефон для связи: 8 (495) 575-55-16
Клишин Александр Федорович