



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственный научный центр Российской Федерации

Федеральное государственное унитарное предприятие

**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени профессора Н.Е.Жуковского»  
ФГУП «ЦАГИ»**

140180 Московская обл., г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1

тел.: (495)556-4205, факс: (495)777-6332

E-mail: <http://www.tsagi.ru>

ОКПО 07542112, ОГРН 1025001624471

ИНН / КПП 5013009056/501301001

*24.11.2014 № 48/3-12-545*

На № \_\_\_\_\_



Председателю  
диссертационного  
совета Д212.125.08  
д.т.н., проф.  
Ю.А. Равиковичу

МАИ, Волоколамское  
ш., д. 4,  
Москва, А-80, ГСП-3,  
125993

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв официального оппонента 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".

Приложение:

1. Отзыв на 4 страницах, в 2 экз.
2. Диссертация, 1 книга.
3. Автореферат диссертации, 1 брошюра.

Начальник НИО-3,

зам. начальника комплекса прочности ЛА

А.С. Дзюба

008278

## ОТЗЫВ

официального оппонента,  
кандидата технических наук Юдина Валерия Михайловича  
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".

### **Актуальность темы исследования**

Аэродинамическое нагревание гиперзвуковых летательных и воздушно-космических аппаратов имеет первостепенное значение при их проектировании. Необходимость обеспечения высокой весовой эффективности создаваемых ЛА, большие площади теплозащищаемых поверхностей предъявляют высокие требования как к точности определения толщины теплозащитного покрытия или теплоизоляции на стадии проектирования, так и при оптимизации свойств материала при его создании.

Решение этих вопросов существенно затруднено тем, что перенос тепла в этих материалах осуществляется одновременно теплопроводностью и излучением, а также отсутствием данных о параметрах этих процессов для конкретных материалов и условий их протекания и методов их экспериментального определения.

В связи с этим тема диссертационной работы А.В. Моржухиной, направленная на разработку экспериментально-теоретической базы исследования тепловых свойств высоко- и ультрапористых полупрозрачных материалов является актуальной.



## **Степень обоснованности научных положений и выводов**

Обоснованность полученных в диссертации результатов и выводов подтверждается всесторонним анализом проблемы точности измерения температуры в этих материалах, сравнением получаемых решений задач теплопереноса с известными в отечественной и зарубежной литературе результатами, удачно выбранной схемой эксперимента, обеспечивающей дублирование получаемых экспериментальных данных.

## **Оценка новизны и достоверности**

Научная новизна диссертационной работы А.В. Моржухиной состоит в следующем:

1. Разработаны и исследованы численные методы решения задачи радиационно-кондуктивного теплопереноса в образцах из высокопористых полупрозрачных материалов и кинетической задачи переноса излучения в плоском слое частично прозрачного материала, создании необходимого программного продукта, обеспечивающего точное моделирование процесса комбинированного теплообмена в экспериментальных образцах при нестационарном внешнем тепловом воздействии.

2. Выбраны схема и конструкционно-технологические решения экспериментального модуля, обеспечивающие простоту подготовки эксперимента и хорошую повторяемость режимов нагрева и получаемых результатов.

3. Еще раз подтверждена зависимость погрешности термопар от диаметра электродов. При этом показано, что поведение погрешностей здесь из-за эффекта полупрозрачности имеет более сложный характер, чем в обычных материалах.

Достоверность представленных в работе результатов в части разработки методов и средств решения задач теплопереноса в высокопористых полупрозрачных материалах подтверждается сравнением с данными точных аналитических решений, результатами других авторов, а также тщательным анализом сходимости итерационного процесса. В части

экспериментальных исследований - дублированием получаемых результатов за счет использования в одном эксперименте двух одинаковых образцов, хорошей повторяемостью режимов и результатов нагрева.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах и неоднократно обсуждались на всероссийских и международных конференциях.

### **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 составляющую.

2. В анализе погрешностей показаний термопар и выводах не указан один из основных определяющих величину погрешности факторов – существенное (почти в 300 раз) 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 «разнонаправленными».

Приведенные замечания по диссертационной работе не касаются основных достижений автора и не снижают высокий научный уровень выполненной работы.

### **Заключение**

Диссертация Моржухиной А.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором на достойном научном уровне. Диссертационная работа отвечает всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ». Считаю, что ее

автор, Моржухина Алена Вячеславовна, заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – "Теплофизика и теоретическая теплотехника" (технические науки), 05.07.03 – "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов".

Автореферат с достаточной полнотой отражает основное содержание диссертации.

Кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник НИО-3  
ГНЦ ФГУП «Центральный  
аэрогидродинамический институт  
имени профессора Н.Е. Жуковского»,



В.М. Юдин

140180 Московская область  
г. Жуковский, ул. Жуковского, 1  
тел: 495 5563272, 89199602693

Подпись В.М. Юдина заверяю.  
Ученый секретарь Совета ЦАГИ  
д.т.н., профессор



В.М. Чижов