

В диссертационный совет Д212.125.08
при ФГБОУ ВПО "Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)" МАИ
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Крайновой Ирины Валерьевны
«Разработка и идентификация математических моделей теплопереноса в экрано-
вакуумной теплоизоляции космических аппаратов», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 –
«Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Актуальность работы. Одной из важных проблем при создании современных образцов космической техники является обеспечение теплового режима бортового оборудования. Традиционно для этой цели используется экранно-вакуумная тепловая изоляция (ЭВТИ). Тепловое проектирование космических аппаратов (КА) с ЭВТИ требует с одной стороны – разработки математических моделей, адекватно описывающих процесс радиационного теплообмена в ЭВТИ, а с другой стороны – надежных данных по характеристикам материалов ЭВТИ, в первую очередь по терморadiационным. Поэтому тема диссертационной работы Крайновой И.В., посвященной разработке новых, более точных, моделей радиационного теплообмена в ЭВТИ и методик определения терморadiационных характеристик материалов ЭВТИ безусловно является актуальной.

Структура работы. Диссертация состоит из введения и четырех глав. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы. Отмечена ее научная новизна и практическая ценность, а также обоснована достоверность полученных в диссертационной работе результатов.

В первой главе диссертационной работы рассмотрен метод расчета тепловых потоков, воздействующих на КА во время орбитального полета – прямого солнечного излучения, отраженного от планеты солнечного излучения и собственного теплового излучения планеты. В отличие от коммерческих пакетов программ (Siemens PLM NX,

Гетар) данный метод позволяет вычислять плотность потока отраженного от планеты излучения с учетом как диффузной, так и зеркальной модели отражения. Показано, что учет зеркального характера отражения излучения может приводить к увеличению плотности потока падающего излучения до 15%.

Вторая глава диссертации посвящена разработке уточненной математической модели радиационного теплопереноса в ЭВТИ. Автор предлагает модель, учитывающую влияние слоя волокнистого материала, используемого в качестве разделительного в ЭВТИ. При этом рассматриваются эффекты отражения и пропускания излучения слоем высокопористого волокнистого материала. Характеристики разделительного слоя определяются расчетным путем на основе теории Ми для бесконечного однородного цилиндра. Также в предлагаемой модели учтено возможное наличие оксидной пленки на поверхности экранов и получены расчетные данные о ее влиянии на интегральный поток теплового излучения, проходящий через ЭВТИ. Приведена оценка влияния параметров волокнистого разделителя, таких как пористость и диаметр волокна, на интегральный поток теплового излучения, проходящий через ЭВТИ. Показана эффективность использования для изготовления разделителя ЭВТИ металлизированного кварцевого волокна.

Третья глава работы посвящена экспериментальным исследованиям, которые проводились на стенде ТВС-1М Московского авиационного института с применением специально разработанного модуля ЭМ-2В. Представлена апробация методики по определению теплового потока через слой ЭВТИ при использовании экспериментальных образцов моделирующих элементы ЭВТИ (радиационный экран + сепарирующий слой). Проведено сравнение результатов тепловых испытаний образцов с расчетными данными и показано их хорошее совпадение, что свидетельствует о достоверности предложенной автором математической модели. Далее проводились экспериментальные исследования прогрева многослойного теплоизоляционного покрытия ETTI-MLI-TCS ASTRIUM GmbH. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что теоретический прогноз температурного состояния ЭВТИ довольно точно соответствует результатам измерений температуры.

В четвертой главе диссертации разработан метод идентификации характеристик тканых и волокнистых слоев ЭВТИ. Теоретическую основу метода составляет аппарат обратных задач теплообмена. Автором разработан алгоритм решения обратной задачи, включающий в себя задачи определения температурного состояния ЭВТИ с слоем разделителя, вычисления сопряженной переменной и расчета вариации температуры для нахождения линейной оценки шага оптимизационного процесса. Автором получены аналитические выражения для вычисления градиента функционала невязки экспериментальных и расчетных значений температуры при определении терморadiационных характеристик. Работоспособность алгоритма, точность и устойчивость решения обратной задачи, подтверждается результатами математического моделирования. Разработанный метод и алгоритм использован для определения спектральной излучательной способности керамической ткани, входящей в состав ЭВТИ.

Научная новизна работы заключается в создании новой, более точной, математической модели радиационного теплообмена в ЭВТИ, учитывающей радиационный перенос внутри пористого частично прозрачного слоя разделителя и наличия оксидного слоя на поверхности металлических экранов.

Практическая значимость работы.

Автором разработан метод и алгоритм определения терморadiационных характеристик материалов ЭВТИ и получены данные о спектральной излучательной способности керамической ткани, входящей в состав ЭВТИ.

Достоверность полученных результатов основывается на применении для построения модели теплообмена в ЭВТИ фундаментальных законов сохранения энергии, использовании проверенных принципов реализации алгоритмов численного решения задач и сравнении результатов численного моделирования и полученных экспериментальных данных.

По работе можно сделать следующие **замечания**:

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

четырёх 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.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают общую положительную оценку работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 работах, 3 из которых – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК для публикации результатов диссертаций.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

В целом можно сделать вывод, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей всем требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» от 24.09.13г., №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Крайнова Ирина Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Ракетно-космические композитные конструкции»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)»



Просунцов Павел Викторович

101005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5
Телефон: +7(499)263-66-20
E-mail: pavel.prosuntsov@mail.ru

Подпись Просунцова Павла Викторовича заверяю

