

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 экранно-вакуумной теплоизоляции космических аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Актуальность темы исследования

Обеспечение тепловых режимов космических аппаратов является одним из важнейших этапов их проектирования. Требования высокого весового совершенства и надежного функционирования этих аппаратов приводит к необходимости увеличения точности выбора параметров системы теплоизоляции, что может быть достигнуто при наличии точной, экспериментально подтвержденной и обеспеченной соответствующими характеристиками модели теплопереноса в выбранной теплоизоляции.

В связи с этим тема диссертационной работы И.В. Крайновой, направленная на уточнение математической модели теплопереноса в широко используемой в космических аппаратах экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ) и разработку методов определения теплофизических и радиационно-оптических свойств теплоизоляционного пакета, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Обоснованность полученных в диссертации результатов и выводов подтверждается всесторонним анализом рассматриваемых проблем, результатами численного моделирования, сравнением результатов моделирования с результатами тепловых испытаний образцов, тщательным

планированием экспериментальных исследований.

Оценка новизны и достоверности

Научная новизна диссертационной работы И.В. Крайновой состоит в следующем:

1. Разработана методика по определению внешнего теплового воздействия на КА во время орбитального полета, реализованная в виде программы, написанной на языке FORTRAN. Данная программа позволяет вычислять тепловые потоки без проведения дополнительных исследований, только на основании имеющихся геометрических характеристик КА и программы полета.

2. Разработана математическая модель, описывающая процессы переноса излучения в ЭВТИ, состоящей из металлических (металлизируемых) экранов и волокнистого разделителя между ними. Получено выражение для определения потока излучения через такие элементы, учитывающее отражение и пропускание излучения высокопористого волокнистого разделителя, определяемые на основании теории независимости рассеяния и теории Ми для бесконечного однородного цилиндра, а также данных о дисперсном составе волокнистого материала. В предположении, что материалом экранов ЭВТИ является алюминий, учтено также наличие возможной оксидной пленки на его поверхности и оценено влияние такой пленки на излучательную способность алюминиевой фольги. Показано, что наличие слоя оксида приводит к значительному увеличению потока теплового излучения через слой ЭВТИ.

Рассмотрены перспективные варианты исполнения разделительных слоев ЭВТИ. Показано, что использование плотных разделителей из кварцевых волокон, покрытых тонким слоем алюминия, приводит к уменьшению плотности теплового излучения через слой ЭВТИ.

3. Проведено экспериментальное исследование образцов, моделирующих элементы ЭВТИ. Сравнение результатов моделирования с результатами тепловых испытаний образцов, имитирующих элементы ЭВТИ, подтвердило достоверность предложенной модели. Показано, что теоретический прогноз довольно точно соответствует результатам измерений температуры, что позволяет использовать разработанную математическую модель для анализа тепловых свойств ЭВТИ.

4. Разработан общий алгоритм решения обратных задач для систем с сосредоточенными параметрами, который распространен на частный случай

идентификации рассмотренной модифицированной математической модели ЭВТИ. Разработан итерационный алгоритм для решения такой задачи, получены аналитические выражения для вычисления градиента функционала невязки и составлена краевая задача для сопряженной переменной. Получена краевая задача для вариации температуры, позволяющая вычислить линейную оценку глубины спуска.

Разработанный алгоритм и результаты вычислительного эксперимента используются для восстановления спектральной излучательной способности нагреваемой керамической ткани $\varepsilon_{a,\lambda}$. Показано, что предложенный алгоритм позволяет вычислять искомую величину с высокой точностью.

Полученные автором результаты являются новыми и имеют научную ценность. Достоверность полученных результатов подтверждается результатами численного моделирования и экспериментальных исследований образцов.

Практическая значимость данной работы состоит в создании алгоритмического и прикладного программного обеспечения для определения характеристик ЭВТИ, что может быть использовано при выборе материалов теплоизоляции новых космических аппаратов.

Замечания по диссертации:

1. Полученный в расчетах практически важный результат, что однослойный разделитель из кварцевого холста практически не оказывает влияния на теплоперенос в ЭВТИ (уменьшение теплового потока менее чем на 1%) не отмечен ни в выводах, ни в заключении.

2. Несмотря на то, что были проведены испытания без, с однослойным и двухслойным разделителем, в работе не отмечено, как этот фактор влияет на температуру пассивного экрана. Разобраться в пучке кривых на рисунке 3.16 (стр. 86) весьма затруднительно.

3. Для проводимых испытаний образцов не указано давление в камере. «Предварительное вакуумирование в течение шести часов» не является количественной мерой давления (стр.77-79).

4. На рисунках 3.1-3.4 в индексах пропущены цифры (стр.72-75).

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы. В целом, диссертация Крайновой И.В. является законченным научно-квалификационным исследованием на актуальную тему, выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ для кандидатских диссертаций. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

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

Крайнова И.В. заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

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



Юдин Валерий Михайлович

140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Гагарина, 49, кв. 209.

Телефон: 8 9199602693

E-mail: Vmyudin@yandex.ru

Подпись Юдина Валерия Михайловича заверяю

Ученый секретарь Совета ЦАГИ
д.т.н., профессор



В.М. Чижов