



Акционерное общество  
«Научно-исследовательский институт точных приборов»  
(АО «НИИ ТП»)

Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490  
Тел. (499) 181-20-12. Факс (499) 204-79-66. E-mail: info@niitp.ru  
ОКПО 11482462, ОГРН 1097746735481, ИНН/КПП 7715784155/771501001

09.12.2021 № 65/68

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д212.125.10,  
кандидату технических наук, доценту

А.Р. Денискиной  
125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4.  
МАИ, Ученый совет

Уважаемая Антонина Робертовна!

Направляю Вам отзыв официального оппонента к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории тепловых режимов АО «НИИ ТП» Титовой Алины Сергеевны на диссертационную работу Шеметовой Елены Владиславовны «Экспериментальное моделирование внешних тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата в инфракрасном имитаторе с блочными линейчатыми излучателями», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Приложение. Отзыв на 5 листах, в двух экземплярах.

Научный руководитель АО «НИИ ТП»,  
доктор технических наук,  
доктор военных наук, профессор

В.Ф. Кострюков

Исполнитель: Титова А.С.  
Тел.: +74992029527

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

10.12.2021г.

ОТЗЫВ  
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Титовой Алины Сергеевны на диссертационную работу Шеметовой Елены Владиславовны «Экспериментальное моделирование внешних тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата в инфракрасном имитаторе с блочными линейчатыми излучателями», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Диссертационная работа Шеметовой Е.В. посвящена разработке методического обеспечения экспериментального моделирования тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата в инфракрасных имитаторах с блочными линейчатыми излучателями для повышения точности моделирования и упрощения системы управления энергетическими характеристиками имитаторов. Предложенная автором методика является актуальной в качестве одного из подходов при разработке новых технических способов проведения тепловакуумных испытаний.

Научная новизна работы состоит в разработке новой принципиальной схемы инфракрасного имитатора модульного типа с блочными линейчатыми излучателями и методике определения оптимального энергетического режима его работы. Также разработана радиационная модель трубчатых кварцевых ламп накаливания с вольфрамовой спиралью и выявлены причины появления недопустимо больших погрешностей моделирования тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата при их использовании. Разработка новых методик и технических способов проведения тепловакуумных испытаний является актуальной и востребованной задачей современной космической науки и техники.

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в работе, подтверждается проведенным численным моделированием и апробацией разработанной методики при подготовке рабочих программ проведения автономных тепловакуумных испытаний в АО «НПО им. С.А. Лавочкина».

Практическая значимость научного исследования заключается в том, что предложенная автором методика позволяет существенно повысить точность экспериментального моделирования внешних тепловых нагрузок за счет приближения спектра излучения модулей имитатора к спектру излучения серых тел в длинноволновой инфракрасной области спектра и упростить систему управления имитатором за счет многократного снижения числа каналов управления его модулями.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 10 12 20 21 г.

Основные научные результаты работы, выносимые на защиту, были опубликованы в 2 изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, и в 1 журнале, включенном в международную систему цитирования Scopus и Web of Science, а также обсуждались на 5 международных и российских научно-технических конференциях.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованных источников. Диссертация содержит 3 таблицы и 25 рисунков.

Во введении отражена актуальность выбранной темы и степень её проработанности, сформулированы цели и задачи работы. Раскрыта научная новизна исследования, а также достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы. Кратко охарактеризованы методы исследования. Представлены теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе диссертационной работы проводится анализ проблем экспериментального моделирования внешнего теплообмена КА в условиях приближенных к натурным.

Рассматриваются требования, структура систем и способы моделирования космического вакуума. Моделирование воздействия на КА электромагнитного излучения Солнца и исходящего от планет излучения. Сформулированы основные требования к конструкции и излучающим элементам инфракрасных имитаторов.

В связи с трудностями реализации концепции наземной экспериментальной отработки космической техники в условиях, максимально приближенным к натурным условиям эксплуатации, большое внимание уделяется приближенным методам физического моделирования внешнего теплообмена КА и разработке математического и программного обеспечения управления энергетическими характеристиками технических средств, реализующих эти методы.

Вторая глава посвящена описанию и анализу известных средств приближенного моделирования внешних тепловых нагрузок на поверхность КА с помощью систем инфракрасных источников излучения. При анализе акцентируется внимание на недостатках известных средств. Рассматриваются достоинства и недостатки использования имеющихся и только разрабатываемых средств воспроизведения требуемых внешних тепловых нагрузок на поверхность КА с помощью упрощенных имитационных средств

на основе инфракрасных источников излучения.

В третьей главе анализируются методы определения оптимальных энергетических режимов работы инфракрасных имитаторов с учетом зависимости спектральных радиационных характеристик излучателей имитатора от оптимизируемого вектора управления  $J(0)$ , в качестве которого принимается интенсивность излучения модулей имитатора.

Ставится задача используя известные данные о спектральной поглотительной способности применяемых в космической технике материалов и покрытий, оценить уровень возможных погрешностей моделирования заданных внешних тепловых нагрузок на поверхность КА в инфракрасных имитаторах с серыми по радиационным характеристикам излучателями при введении предположения о независимости в полосе спектра излучения имитатора спектральной поглотительной способности элементов наружной поверхности КА от длины волны излучения и на основании этих результатов рассмотреть вопрос об условиях возможного применения известных методических подходов к определению режимов работы инфракрасных имитаторов.

Четвертая глава посвящена разработке методики эксплуатации имитаторов модульного типа с размещаемыми в виде блоков условно линейчатыми излучателями, а также исследованию вопроса о целесообразности использования в конструкции блочных модулей трубчатых ламп накаливания с вольфрамовой спиралью, в частности галогенных. Результаты анализа данных, полученных при разработке радиационной модели трубчатой лампы накаливания, позволяют автору сделать вывод о необходимости дискретности излучающих имитаторов при использовании сетчатых нагревателей в качестве инфракрасных излучателей в конструкции, имеющей модульную систему.

В заключении обобщены результаты диссертационного исследования и представлены выводы по работе.

В качестве замечаний отметим следующее:

1. Математическое моделирование теплообмена космического аппарата связано с трудностями, обусловленными сложностью и возможной значительной неопределенностью протекания физических процессов внешнего и внутреннего теплообмена между элементами КА.

Не до конца понятно, насколько геометрическая форма объекта испытаний влияет на точность имитации внешних воздействий. Какие основные допущения принимались при разработке предложенной методики. Каковы общие погрешности имитации, включая погрешности математического моделирования, погрешности связанные с поотсечными испытания (точность имитации тепловых связей) и прочие. Насколько в итоге условия тепловакуумных испытаний КА, проводимые по предложенной методике приближенным к натурным?

2. В главе 3 при определении энергетических режимов работы имитаторов использовались градиентные методы оптимизации целевых функций (метод наискорейшего спуска и метод сопряжённых градиентов), которые дали практически одинаковые результаты по точности моделирования расчетных тепловых нагрузок. При этом значения минимумов целевой функции для анализируемых методов мало отличаются друг от друга, но точки минимума отличаются существенно, что говорит об отсутствии единственности решения в рассматриваемой задаче и свидетельствует о наличии у целевой функции не единственного минимума. Из диссертационной работы не до конца ясно, как это учитывается в предлагаемой методике?

3. Для разработки программ и проведения вычислительных экспериментов автором использовался язык программирования Fortran. Рассматривалась ли возможность решения поставленных задач с использованием программных комплексов конечно-элементного анализа (FloTHERM, Ansys), или других программных сред?

4. Не до конца понятно, есть ли возможность выбирать приоритетные точки в качестве критерия при определении энергетических режимов работы имитаторов? Например, требуется высокая точность имитации в местах расположения на поверхности КА целевой аппаратуры, антенн, оптических датчиков. При этом на поверхности этого же КА, закрытой ЭВТИ высокая точность имитации не так важна.

Отмеченные недостатки не снижают ценности и практической значимости работы. Результаты научного исследования имеют значение для развития перспективной ракетно-космической техники и могут найти широкое применение в космической индустрии.

В целом диссертация Шеметовой Е.В. выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалифицированную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологичные решения.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Автореферат дает правильное и всестороннее представление о проделанной работе, содержит в кратком виде необходимую информацию, характеризующую полученные результаты, основные положения и выводы к диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п.9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, а её автор, Шеметова Елена Владиславовна, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв подготовила:

Старший научный сотрудник  
лаборатории тепловых режимов  
АО «НИИ ТП»,  
кандидат технических наук  
по специальности 05.07.03

 Титова  
Алина Сергеевна

Подпись Титовой А.С. заверяю:

Научный руководитель  
АО «НИИ ТП»,  
доктор технических наук,  
доктор военных наук,  
профессор

